

४६००

The Department of Public Instruction, Bombay.

SCIENCE PRIMERS

IN GUJARATI

PHYSICS,

BY

Professor Balfour Stewart, F. R. S.

TRANSLATED INTO GUJARATI,

BY

R. S. MAHIPATRÁM RUPRÁM, C. I. E.,

LATE GUJARATI TRANSLATOR, EDUCATIONAL DEPARTMENT.

First Edition—1000 Copies.

*Registered for Copyright under the Government of India's
Act XXV. of 1867.*



Bombay:

GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPOT.

1891.

[All Rights Reserved.]

Price 14 Annas.

BOMBAY :

PRINTED AT THE EDUCATION SOCIETY'S PRESS, BYCULLA.

૪૯૦૦

મુંબઈ ઈલાકાતું સરકારી કેળવણીઆતું.

વિદ્યાપ્રવેશગ્રંથાવલિ.

ગૂજરાતીમાં.

નંબર ૭.

પદાર્થવિજ્ઞાન.

ઇંગ્રેજીપરથી ગૂજરાતીમાં ભાષાંતર કરનાર,
રા૦ સા૦ મહીપતરામ રૂપરામ, સી. આઈ. ઈ.,
માજી ગૂજરાતી ટ્રાન્સલેટર, એ. ડિપાર્ટમેન્ટ.

પહેલી આવૃત્તિ—૧૦૦૦ પ્રત.

આ પુસ્તક હિંદ સરકારના સને ૧૮૬૭ ના ૨૫ મા
આક્ટ પ્રમાણે નોંધાવ્યું છે.

મુંબઈ:

સરકારી મધ્ય લુક ડીપો.

સને ૧૮૯૧.

આ પુસ્તક સંબંધી સર્વે અધિકાર સરકારે સ્વાધીન રાખ્યાછે.
ક્રીમત ૧૪ આના.

મુંબઈ :

એન્ડ્રુકેશન સોસાયટીના છાપખાનામાં છાપ્યું છે.

પ્રસ્તાવના.



પદાર્થવિજ્ઞાન અને રસાયનશાસ્ત્ર વિષે સાયન્સ પ્રાધર્મિક (વિદ્યાનાં પ્રથમ પુસ્તકો) પ્રગટ કરવાનો તેઓના રચનારાનો હેતુ એ છે કે સાયન્સનાં મૂળતત્ત્વો નાની ઉંમરના નિરાળીઓ સમજાય તેવા રૂપમાં કહેવાં. તેઓને લાગે છે કે આ લઘુ પુસ્તકો વડે જ્ઞાન આપવાની ધારણા કરતાં શીખનારાનો સમાગમ મૂળે જોડે થાય તેવી રીતે તેમના મનને કેળવવાપર વધારે નજર રાખવાનો યત્ન કરવો જોઈએ. આજ પર્યંત એમ કરવાનો રિવાજ નથી. આ અર્થે સારા પ્રયોગોની એક શ્રેણી યોજા છે તેઓ વડે પ્રત્યેક સાયન્સનાં મુખ્ય સત્યો પર નજર પહોંચાય. એ પ્રયોગો શિક્ષકે વર્ગની આગળ નિયમિત અનુક્રમે કરવા. એથી નિરાળીઓની અવલોકનશક્તિ જાગશે અને બળવાન થશે; તેમણે જ્ઞાન પાકું અને ખરે-ખરું મેળવ્યું તેની ખાત્રી કરવાને અને તેમાં વધારો કરવાને નિયમિત અનુક્રમે પ્રશ્નો પૂછવા.

ઉપર કહેલા બંને વિષયોની પૂર્વે ઘણું કરીને પ્રવેશ પોથી સહજ શીખવવામાં આવશે, કેમકે એ યથાક્રમ છે; અને તેની પછી રસાયનશાસ્ત્ર શીખવવું એ ખીજું પગથીયું છે; અને ત્યાર પછી પદાર્થવિજ્ઞાનને ત્રીજું પગથીયું કરી શીખવવું એ ક્રમ ઉત્તમ માલુમ પડશે એવું દીસે છે.

અનુક્રમણિકા.

ઉપોદ્ધાત.

	કલમ.	પૃષ્ઠ.
પદાર્થવિજ્ઞાનની વ્યાખ્યા	૧	૧
ગતિની વ્યાખ્યા	૨	૨
બળની વ્યાખ્યા	૩	૪

સૃષ્ટિનાં મુખ્ય બળો.

ગુરુત્વની વ્યાખ્યા	૪	૭
અવલંબાકર્ષણની વ્યાખ્યા	૫	૮
રસાયની આકર્ષણની વ્યાખ્યા	૬	૯
આ બળોનો ઉપયોગ	૭	૯

ગુરુત્વાકર્ષણની કૃતિ શી રીતે થાયછે.

ગુરુત્વમધ્ય બિંદુ	૮	૧૧
કાંટો	૯	૧૩

દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થા.

સામાન્ય અવલોકન	૧૦	૧૪
ઘનની વ્યાખ્યા	૧૧	૧૫
પ્રવાહીની વ્યાખ્યા	૧૨	૧૬
વાયુઓની વ્યાખ્યા	૧૩	૧૬

ઘન પદાર્થના ગુણો.

અવલંબાકર્ષણવિષે સામાન્ય અવલોકન	૧૪	૧૬
વાળવું	૧૫	૧૯
સામાનની મજાપૂતી	૧૬	૧૯
કર્ષણ	૧૭	૨૦

પ્રવાહીના ગુણો.

કલમ. પૃષ્ઠ.

પ્રવાહીએ પોતાનો આકાર જળવી રાખતા નથી		
તથાપિ પોતાનું કદ જળવી રાખે છે.	૧૮	૨૧
તેએ પર દબાણની અસર બધી મેર થાય છે.	૧૯	૨૧
જળસંકોચન યંત્ર	૨૦	૨૨
પ્રવાહી પદાર્થોનાં પૃષ્ઠ હમેશા સપાટ હોય છે.	૨૧	૨૩
જળસપાટી અને મધાર્કસપાટી	૨૨	૨૪
ઊંડા પાણીનું દબાણ	૨૩	૨૫
પાણીની તારક શક્તિ	૨૪	૨૬
પાણીમાં ભારનું ઘટવું	૨૫	૨૮
સાપેક્ષી ઘટત્વ અથવા વિશેષ ગુરુત્વ	૨૬	૨૯
ખીજ પ્રવાહીએની તારક શક્તિ	૨૭	૩૧
કેશાકર્ષણ	૨૮	૩૨

વાયુઓના ગુણો.

વાનું દબાણ	૨૯	૩૨
વાનો ભાર	૩૦	૩૩
બેરોમીટર—પારાનો સ્તંભ	૩૧	૩૭
બેરોમીટરના ઉપયોગો	૩૨	૩૮
એરપંચ	૩૩	૩૯
વાટરપંચ	૩૪	૪૧
સાઇરેન	૩૫	૪૪

અલત્ પદાર્થો.

શક્તિની વ્યાખ્યા	૩૬	૪૫
કામની વ્યાખ્યા	૩૭	૪૬
ગતિવાળા પદાર્થથી થતું કામ	૩૮	૪૭
નિવૃત્તિમાં પદાર્થની શક્તિ	૩૯	૪૮

ધ્રુજતા પદાર્થો.

નાદ	૪૦	૫૦
શોર અને સુસ્વરમાં ફેર શી?	૪૧	૫૧

	કલમ.	પૃષ્ઠ.
નાદ કામ કરી રહે	૪૨	૫૧
નાદને લઈ જવાને વા જોઈએ	૪૩	૫૨
તેની વામાં ગતિ કરવાની રીત	૪૪	૫૨
તેની ગતિનો વેગ	૪૫	૫૪
પડધા	૪૬	૫૪
એક સેકન્ડમાં કેટલી વાર વાનું 'બુજવું' થવાથી હર-		
કોઈ સુર થાયછે તે જાણવાની રીત	૪૭	૫૬

ઉચ્છ્વાસ થયેલા પદાર્થો.

ઉચ્છ્વાસની પ્રકૃતિ (પહેલી નોંધ)	૪૮	૫૮
પદાર્થો તપેછે તેવારે વિસ્તાર પામેછે	૪૯	૬૧
થર્મોમીટર	૫૦	૬૨
તેમાંને કેમ બતાવવાં	૫૧	૬૩
ધન પદાર્થોનું ફૂલવું	૫૨	૬૬
પ્રવાહીનું વિસ્તાર પામવું	૫૩	૬૭
વાયુમાંનું વિસ્તાર પામવું	૫૪	૬૮
વિસ્તાર વિષે અવલોકન	૫૫	૬૯
વિશેષ ઉચ્છ્વાસ	૫૬	૬૯
રૂપાંતર, આગળવાનાં બિંદુમાંના કોષ્ટક સહિત	૫૭	૭૦
પાણીની યુક્ત ઉચ્છ્વાસ	૫૮	૭૩
વરાળની યુક્ત ઉચ્છ્વાસ	૫૯	૭૪
ઉકળવું અને સૂકાવું	૬૦	૭૬
ઉકાળ બિંદુનો આધાર દબાણ ઉપર છે	૬૧	૭૬
ગરમીનાં બીજાં કાર્યો	૬૨	૭૯
થીજીવી દેનાર મિશ્રણો	૬૩	૮૦
ઉચ્છ્વાસનું પ્રસરવું-સામાન્ય કથન	૬૪	૮૧
ઉચ્છ્વાસવહન	૬૫	૮૩
ઉચ્છ્વાસસંચારણ	૬૬	૮૪
કિરણપાતન, ઉચ્છ્વાસ અને પ્રકાશ-સામાન્ય કથન	૬૭	૮૬
પ્રકાશનો વેગ, શી રીતે જાણી કાઢ્યો	૬૮	૮૭

	કલમ.	પૃષ્ઠ.
પ્રકારાના પરાવર્તનના નિયમો	૬૯	૮૯
પ્રકારાનું વક્રીભવન અંતરે વાંકાં વળવું	૭૦	૯૩
લેન્સો અને તેઓમાંથી પડતાં પ્રતિબિંબો	૭૧	૯૪
વિપુલ દર્શક કાચ અને દૂરબીનો	૭૨	૯૬
શુદ્ધ શુદ્ધ પ્રકારના પ્રકારાનું વાંકું વળવું શુદ્ધ શુદ્ધ છે	૭૩	૯૭
પુનરાવર્તન	૭૪	૧૦૦
ઉપશુતાની પ્રકૃતિ	૭૫	૧૦૧

વિદ્યુન્મય પદાર્થો.

વાહક અને અવાહક	૭૬	૧૦૩
વિદ્યુતની બે જાત	૭૭	૧૦૫
ન ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોમાં તેઓ ભેગી રહેછે	૭૮	૧૦૬
ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોનો ન ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોપર વ્યાપાર	૭૯	૧૦૭
વિદ્યુત તણુઓ	૮૦	૧૦૮
કેટલાક પ્રયોગો—હલેક્ટ્રોસ્કોપ	૮૧	૧૦૯
અણુઓનો વ્યાપાર	૮૨	૧૧૦
વિદ્યુતચંત્ર	૮૩	૧૧૨
લેડન જાર	૮૪	૧૧૪
વિદ્યુન્મય પદાર્થોનું શક્તિવાનપણું	૮૫	૧૧૬
વિદ્યુત પ્રવાહો	૮૬	૧૧૭
ગ્રાવ બાટરી	૮૭	૧૧૮
અંત્ર પ્રવાહના યુગ્મો	૮૮	૧૨૦
હલેક્ટ્રિક ટેલિગ્રાફ	૮૯	૧૨૨
સમાપ્તિ	૯૦	૧૨૩
સ્મરણમાં રાખવાની બાબતો		૧૨૪
ચંત્રો વાપરવા સંબંધી સૂચનાઓ		૧૨૬
પ્રશ્નો		૧૨૯

સાયન્સ પ્રાઇમરો.

પદાર્થવિજ્ઞાન.



ઉપોદ્દાત.

૧. પદાર્થવિજ્ઞાનની વ્યાખ્યા.—આપણી આસપાસ કયા પ્રકારની વસ્તુઓ છે તે તમને રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીમાં (કેમિસ્ટ્રી પ્રાઇમરમાં) કહ્યું છે. રસાયનશાસ્ત્ર શું કરે છે તે તમે જાણો છો; તે વસ્તુઓને શી રીતે તોળે છે અને તેઓનું પરિમાણ શોધી કાઢે છે, તથા કેટલીક સીને મિશ્ર છે અને તેઓને કેમ જુદી પાડી શકાય તે તથા કેટલીક વસ્તુઓ અમિશ્ર કે તત્વો છે, એ બધું શી રીતે જાણી કાઢે છે તે તમે જાણો છો.

દુનિયામાં ઘણી જાતની વસ્તુઓ છે તેઓ વિષે વસ્તુતઃ તમને જાણાવવામાં આવ્યું, પરંતુ એ વસ્તુઓના વિકાસ કે વૃત્તિઓ વિષે તમે બહુ શી જ્યા નથી. તમારી પોતાની વૃત્તિ પણ વિકાસ પામે છે; કોઈવાર તમે હસમુખા દેખાઓ છો, અને કોઈવાર ઉદાસ, તમારું મોઢું રીસે ધ્રુમરાયલું, કે આંસુવાળું દેખાય છે; કોઈ વેળા ઉમંગી અને ચપળ લાગો છો; કોઈ સમ સુસ્ત અને ઉદાસી કે બેચેન જાણાઓ છો.

હવે જો તમે જરા વિચાર કરશો તો જાણો કે તમારી આસપાસની વસ્તુઓ પણ ઘણીક તમારા જેવી વૃત્તિઓને પાત્ર છે. આજે કુદતનું વદન તેજસ્વી, સુખકારક અને હસવું છે; આવતી કાલે તેજ વદન નિરતેજ અને ઉતરી ગયલું થાય; વરસાદ વરસે, મેઘગર્જના થાય, અને સમુદ્રનાં મોજાં ઉછાળા મારે અને લાવાઝાડું થાય. અથવા ખીનું ઉદાહરણ લઈએ. બોંય લોકાનાં જોળા પંડ્યાં છે તે તાંત અને બારે લાગે છે, એને

આપણે અગ્નિમાં મૂકીએ. તેમાંથી પાછો કાઢીએ છીએ ત્યારે તેનીતેજ વસ્તુ છે, પણ તેની અવસ્થા ઘણી ભિન્ન છે; હવે જો તમે તેને અડશો તો તક્કી દાઝશો. તેને અગ્નિમાં ન મૂકતાં તો-પમાં મેલી તે તોપને છે. ડશો તો તે ભારે વેગથી બહાર આવશે, અને જેની જોડે અથડાશે તેને ભાંગી તેના કકડો કકડા કરી નાંખશે.

એમ તમે જાણ્યું કે તોપનો તાઢો ગોળો તોપના ઊના ગો-જાથી બહુ જુદો ચીજ છે; અને તોપનો સ્થિર ગોળો તોપના ગતિમંત ગોળાથી ભિન્ન વસ્તુ છે.

હવે જો અમે તમને રડતા અને અસુખી જોઈએ તો પૂછી-એ કે એવી વૃત્તિનું કારણ શું છે, અને તેનું કારણ હમેશ હોય છે; અથવા અમને તમે અનુભુક, અને ઊધઢા, અને શક્તિ-હીન જાણીએ ત્યારે અમે તમને પૂછીએ કે તમને શું થયું છે, અને જે થયું હોય તે અને તેનું કારણ તમારા કહેવાથી જાણીએ છીએ. તેમજ જ્યારે નિર્ણય પદાર્થની વૃત્તિએ કે ગુણોમાં ફેરફારો માલુમ પડે છે ત્યારે તેમ થવાના કારણની તજવીજ કરીએ છીએ, અને તેઓનું કારણ છે એમ માલુમ પડે છે. આ પુસ્તકમાં એ તજવીજ કરીશું, અને જે જવાબ મળે તે ઉપર તમારે ખૂબ લક્ષ આપવું જોઈએ. તમને કહેવામાં આવી ગયું છે કે એવી તજવીજ કરવી, અર્થાત્ સૃષ્ટિને પૂછવું તેને પ્રયોગ કહે છે.

૨. ગતિની વ્યાખ્યા.—પ્રથમ તમારા મનમાં ગતિનો રપટ વિચાર આવ્યો જોઈએ. ગતિનો અર્થ જગ્યા બદલવી. તમારામાંના કેટલાકે સાંભળ્યું હશે કે આ ધન પૃથ્વી જે ઉપર આપણે વસીએ છીએ તે ખરું જોતાં, સૂરજની આસપાસ બહુ ઉતાવળે ફરે છે, પણ હાલ આપણે એ વાતને તદન જૂલી જઠએ, કેમકે પૃથ્વી ઘણી ઝડપથી ફરે છે ખરી, પરંતુ તે આપણે બધાંને તેની સાથે લેતી જાય છે, અને જાણે તે સ્થિર હોય તેમ બધું સરળ અને શાંતપણે થયું જાય છે.

એમ માની હું એમ કામાં ખુરશીએ બેસું તો કહી શકું કે હું ચિત્તર છઉં, પણ જો હું એમ કામાં આમતેમ ફરું તો ગતિમાં છું એમ કહી શકું. હવે મારી ગતિએ વિષે સમજવાને હું આમ તેમ ચાલું છું એ બનાવ ઉપરાંત તમારે કાંઈ વધારે જાણવું જોઈએ: જે દિશામાં કે લીટીમાં હું ગતિ કરું છું તે તમારે જાણવું જોઈએ, તથા શા પ્રમાણે અથવા કેટલે વેગે હું હીં ફરું તે પણ તમારે જાણવું જોઈએ. આ “વેગ” શબ્દનો રૂપરૂપ અર્થ સમજવાની કોશિશ કરવી જોઈએ: અને તે સમજવાને ધારે કે હું ઘરમાંથી બહાર નીકળી કોઈ સીધે રસ્તે બે કે ત્રણ કલાક સુધી સરખે કદમે ચાલું છું. જ્યાંથી ઉપડ્યો ત્યાંથી એમ ચાલતાં મને માલૂમ પડે છે કે એક કલાકમાં હું ચાર મૈલ ચાલ્યો, અને બે કલાકમાં ત્યાંથી આઠ મૈલ ચાલ્યો. એ પરથી હું કહું છું કે કલાકે ચાર મૈલ પ્રમાણે કે વેગે (એ બોલના અર્થ સરખો છે) હું ચાલું છું.

પરંતુ વેગ સદા સરખો નહોતો શું કહેવું? ધારે કે કોઈ રેલવે ટ્રેન સ્ટેશનની પાસે આવે છે, અને ઝડપ એમ કહી શકાય માંડે છે. કહો કે ટ્રેન પ્રથમ કલાકે ચાલીસ મૈલ પ્રમાણે દોડે છે, પણ તેનો વેગ વધારે વધારે એમ કહેવાય જાય છે, અને સ્ટેશને પહોંચતાં તે ઊભી રહે છે. એમ તેની ઝડપમાં હંમેશા ફેર પડતો હોય ત્યારે તેનો વેગ શી રીતે માલૂમ પડે? અથવા ટ્રેનની ઝડપ કમી થવા લાગી તેની પૂર્વે કલાકે ચાલીસ મૈલ પ્રમાણે તે ચાલતી હતી એમ કહેવાનો અર્થ શો? એનો અર્થ એ કે ધીમી પડવા માંડ્યા પહેલાં જોટલી ઉતાવળે ટ્રેન ચાલતી હતી તેટલી ઉતાવળે તેને આખા કલાક લગી ચાલવા દીધી હોત તો તે ચાલીસ મૈલ ચાલી ગઈ હોત. જો રેપિડિઅલ ટ્રેન હોત અને સ્ટેશને અટક્યા વિના ચાલી ગઈ હોત તો આપણે જ્યાં તેને જોઈ ત્યાંથી એક કલાકમાં ચાલીસ મૈલ આગળ ગઈ હોત.

વેગ જણાવવાની જુદી જુદી રીતો છે; અહીં જેમ કહ્યું તેમ કોઈવાર કલાકે આઠલા મૈલ કહેવામાં આવે છે, પરંતુ કોઈ વાર

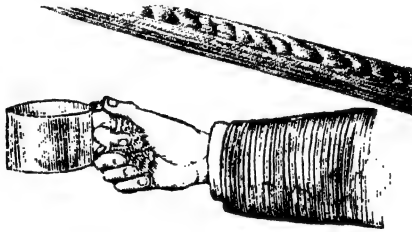
ફટ અને સેકંડમાં કહેવું વધારે ઠીક પડેછે: ઉદાહરણ, હું કૂવામાં પથરો નાંખું તો એમ કહેવું બેઠ્ઠાએ કે નાંખ્યા પછી તે એક સેકંડમાં ૧૯ ફૂટ પડ્યો. તમે બધા બન્યોછો કે સાડ સેકંડની એક મિનિટ થાયછે, અને સાડ મિનિટનો એક ફલાક થાયછે.

આ નાની ચાપડીમાં ગતિના વેગ વિષે કહેવામાં નેત્ર અને કલાક કરતાં ફટ અને સેકંડ વધારે વાર વાપરવામાં આવશે, અને કોઈ પદાર્થ એક સેકંડમાં દશ, વીસ કે ત્રીસાદિક ભેટતો ફટ હશે તે કહેવામાં આવશે.

૩. ચઢતી વ્યાખ્યા. —જે કોઈ પૂર્વે સ્થિર હતું તેને ગતિમાં કોણ આણેછે? અથવા જે પૂર્વે ગતિમાં હતું તેને સ્થિર કોણ કરેછે? એ એક કામ કરનાર બળ છે. બળથી પદાર્થને ગતિ મળેછે, અને બળ તેને (માત્ર સામી દિશામાં લગાડવાથી) સ્થિર કરેછે. એથી વધારે એ કે જો કોઈ પદાર્થને ગતિ આપવાને જબજબ બળ બેઠ્ઠાએ તો તેને સ્થિર કરવાને પણ જબજબ બળ બેઠ્ઠાએ. રમવાના દડાને તમે તમારા હાથની થાપટથી ગતિ આપી શકો, અને હાથની થાપટથી અટકાવી પણ શકો, તથાપિ રેલવેની ટ્રેન જેવા મોટા પદાર્થોને ગતિ આપવાને અને અટકાવવાને બહુ બળ બેઠ્ઠાએ; જે સહેલથી હલાવી કે ચલાવી શકો તેને સહેલથી થાભાવી શકો જેને ચલાવવું મુશ્કેલ છે તેને અટકાવવું પણ મુશ્કેલ છે. હવે તમે જોયું કે પદાર્થને ગતિ આપવાનું કામ બળ કરેછે એટલુંજ નહિ, પણ તેને અટકાવવાનું કામ પણ કરેછે. વસ્તુતઃ જે પદાર્થની સ્થિતિ બદલેછે તેને બળ કહેછે. એ સ્થિતિ સ્થિરતા હોય કે ગતિમંત હોય.

પ્રયોગ ૧. લો. —એનો પુરાવો—પવાલીમાં થોડા વટાણા મૂકી તેને તમારા જમણા હાથે ઝાલો, અને લાકડાનો દાંડો આડો જ-
ડેલો હોય તેની નીચે કેટલેક છોટે તમારો હાથ રાખો. એ દાંડાને ડેકાણે તમારા ખીન્ન હાથને અડડ ધરી રાખશો તો એ ચાલશે. હવે તમારો પવાલીવાળો હાથ એ દાંડાનેડે કે તમારા ખીન્ન હાથ નેડે અથડાતાં સૂધી ઝપટથી ઊંચો કરો. તમે એ કંઈ કે

પવાલીને તેમાંના વટાણાસહિત ઉતાવળે ઊંચી કરી અને પછી એકાએક અટકાવી. પ્રથમ તમે તમારા હાથના બળ વડે પવાલીને ઉપલી મેર જવાની ગતિ લીધી અને પવાલીએ વટાણાને તેની સાથે ઉપર જવાની જરૂર પાડી, કેમકે તેઓ પાછળ રહી રહે નહિ એ દેખીતું છે. બીજું તમારો જમણો હાથ પવાલીને પકડી ત્વરાથી ઊંચા જતા હતા તેવામાં તેને એકાએક અટકાવ્યો; અર્થાત્ દાંડાએ (કે બીજા હાથે) બળ કરી તેને અટકાવ્યો, અને તમે પવાલીને જોરથી ઝાલી હતા તેને બળથી અટકાવી. પણ વટાણા પવાલીને તળીએ છૂટા પડ્યાં છે તેઓને પવાલીને અટકાવનાર બળ લાગ્યું નહિ તેથી પવાલી અટક્યા પછી તેઓનું ઉપર જવું ભરી રહેશે, અને તેઓમાંના ઘણાક પવાલીની કોર પરથી ઉછળા નીચે ભોંય પર પેરાશે.



આકૃતિ ૧૦૦

પ્રયોગ ૨ જાં.—પવાલી ખાલી કરી એમાં બીજા વટાણા મૂકો; હવે તેને હાથમાં લઈ ઝડપથી ઊંચી ન કરતાં જેમ વધારે ઝડપથી નીચલી ગમ લેવાઈ શકાય તેમ લો. અહીં, તમારા હાથનું બળ પવાલીને નીચલી મેર બહુ ઝડપથી લઈ જાય છે, તથાપિ વટાણા તેને તળીએ છૂટા પડેલા છે, તેઓને એ બળ લાગતું નથી; પરિણામ એ થશે કે પવાલીની ઉતાવળી ગતિ વટાણામાં આવશે નહિ, તેઓ પાછળ પડી જશે, અને એને બધા જમીન ઉપર પેરાઈ જશે.

હવે ક્ષણવાર થોભી જોઈએ કે આ બે પ્રયોગથી આપણે

વાસ્તવિક શું શીખ્યા. પહેલા પ્રયોગથી એ જાણ્યું કે વઠાણાને ઉપર જવાની ગતિ આપ્યા કેડ, હાથ અને પવાલીને અટકાવનાર બળ તેઓને લાગ્યું નહિ તેથી, પવાલી અટક્યા પછી તેઓની ઉપલીમેર જવાની ગતિ જારી રહી. તેઓને ઉપલીમેર જતાં અટકાવવાને બળ જોઈએ, અને તે બળ લાકડાના દાંડાવડે આપણે લગાડી શક્યા નહિ તેથી પૃથ્વીના બળે તેઓને નીચલી ગમ જમીન ઉપર આણ્યા ત્યાં લગી તેઓનું ઉપર જવું જારી રહ્યું. એમ તમે જુઓ છો કે ગતિમાં હોનાર પદાર્થને અટકાવવાને બળની જરૂર છે.

વળી, બીજા પ્રયોગમાં, આપણે પવાલીને નીચલી મેર ગતિ આપી, પણ આપણા હાથના જે બળે એમ કયું તે બળ પવાલીને તળીએ છૂટા રહેલા વઠાણાને લાગ્યું નહિ. એથી કરીને તેઓની સ્થિર અવસ્થામાં તેઓ રહ્યા અને પવાલીની જોડે ન જતાં એંતે પૃથ્વીનું બળ નીચે જમીન ઉપર તેઓને આણેછે ત્યાં સૂધી પાછળ રહેછે. એમ તમે જુઓ છો કે સ્થિર પદાર્થને ગતિ આપવાને બળની જરૂર છે.

માટે, બળ એ કામ કરી શકે; ગતિમાં હોનાર પદાર્થને અટકાવી શકે, અથવા સ્થિર હોનાર પદાર્થને ગતિ દેઈ શકે, પરંતુ ઘણીવાર આપણે જોઈએ છીએ કે બળ હાજર છતાં અસર કરતું જણાતું નથી. તો એનું કારણ શું? એ પ્રશ્નનો ઉત્તર એ છે કે તેની સમાન સામું આવેલું બીજું બળ તેને અસર કરવા દેતું નથી. ઉદાહરણ, ભારે કાટલાને હું મારા હાથ વતી ઝાલી રાખું છું; જો તેને છોડી દઉં તો પૃથ્વીનું બળ તેને લાગે તે વડે ઝટ તે ભોંય ઉપર પડે; પણ જ્યાં સૂધી હું તેને પકડી રાખું છું ત્યાં સૂધી એ બળને કામ કરવા દેતો નથી. અથવા ધારો કે તે કાટલું ટેબલ ઉપર છે; જો ટેબલ ન હોય તો તે જમીન ઉપર પડે; પૃથ્વીનું જે બળ તેને પડવાનું વલણ દેછે તેને અસર કરતું ટેબલ આગેછે, અથવા પ્રતિરોધ કરેછે. કાટલું ટેબલ ઉપર દબાણ કરેછે. પરંતુ ટેબલ તેને આગેછે માટે અહીં એકબેકની

સામાં થતાં કે ખાજતાં બે બળો છે, એક કાઠલાના ભારનું બળ અને ખીજું ટેબલનું પ્રતિરોધ કરતું બળ.

આ બધાથી આપણને જ્ઞાન થાય છે કે હરકોઈ પદાર્થની સ્થિર અવસ્થાને કે ગતિમંત અવસ્થાને જે બદલે છે તે બળ છે, પણ ઘણીવાર એક બળને તેની સમાન અને મામું આવેલું ખીજું બળ પ્રતિરોધ કરે છે કે ખાળે છે, તેણે કરીને તેનાથી કાંઈ થઈ શકતું નથી કે તેનાથી કાંઈ કાર્ય ઉત્પન્ન થતું નથી (તેની કાંઈ અસર થતી નથી).

સૃષ્ટિનાં મુખ્ય બળો.

૧. ગુરુત્વની વ્યાખ્યા.—‘બળ’ એ શબ્દનો અર્થ શો છે તે મેં તમને એમ કહ્યો, અને હવે આસપાસ જોઈએ કે આપણે જે આંખો સાથે કામ પોડે છે તેવાં મુખ્ય બળો કયાં છે, તેમાંનું દરેક શું કામ કરે છે અને તે શા ઉપયોગનું છે. એમાંનું સઉથી આગળ પડતું બળ પૃથ્વીનું આકર્ષણ છે. કોઈ ભારે વસ્તુને હાથમાંથી છોડી દઈએ તો તે ક્યાં જશે તે આપણે જાણીએ છીએ; આપણે જાણીએ છીએ કે તે જોયે આકાશ ભણી ચડશે નહિ, અથવા બાજૂ ઉપરની કોઈ દિશામાં જશે નહિ, પણ તે જોયે એટલે પૃથ્વી ઉપર પડશે. આપણે કહીએ છીએ કે તે પડે છે, અને જોયે અને નીચે એ શબ્દો જ પૃથ્વીના બળને લીધે છે; જો પૃથ્વીનું બળ ન હોત તો આપણે એવા શબ્દો મૂળગા બોલત નહિ. “જોયે” એ શબ્દ પૃથ્વીના બળની સામી મુશ્કેલ ગતિ દેખાડે છે. “નીચે” એ શબ્દ પૃથ્વીના બળની મદદ વડે સહેલી ગતિ બતાવે છે. ડુંગર ઉપર ચડવું કઠણ છે, ડુંગરની નીચે ઉતરવું બહુ સહેલું છે.

આપણે જ્યારે એમ કહીએ કે પૃથ્વી વસ્તુઓને આકર્ષે છે ત્યારે તમારે એમ ન સમજવું કે જે જે ચીજો આપણે જોઈએ છીએ તે સઘળી, કિંવા તેઓમાંની ઘણીખરી પૃથ્વી ભણી હાલ પોડે છે. તમે અને હું પડતા નથી, અને પડી જવાજેવી ધાસ્તી-

વાળી અવસ્થામાં આવવાને આપણે સહાતા પણ નથી. આપણે પડી કેમ જતા નથી ? કેમકે આપણે આ માળ ઉપર ઊભા છીએ ; જો એ માળ ન હોય તો આપણે હેઠળ પૃથ્વી ઉપર પડીએ. આ માળ આપણો ભાર ખમી શકે તેટલી તેનામાં મજબૂતી હોવી જોઈએ, તેમ ન હોય તો તે તૂટે અને આપણે પડી જઈએ. કોઈવાર માળ (પાટીઆની જમીન) કે માચડાપર એટલા બધાં આદમીઆ ભગાંથયેલાં કે તે તૂટેલા, તેઓ તળીએ પડી ગયેલાં, અને તેઓમાંનાં ઘણાં તેથી છુંદાઈ મુએલાં યા જપ્તમાયલાં.

એમ તમે જુઓછો કે પૃથ્વી સર્વ વસ્તુઓને આકર્ષેછે, તો પણ આપણી આસપાસ જે વસ્તુઓ આપણે દેખીએ છીએ તેઓમાંની ઘણીખરી પૃથ્વી તરફ પડતી નથી, કેમકે તેઓના ભારને પ્રતિરોધ કરી શકે તેવી કોઈ ખીજી વસ્તુઓનો તેઓને ટેકો છે. વસ્તુઓનો આ ગુણ ભાર કહેવાયછે અને તે પૃથ્વીના આકર્ષણથી ઉત્પન્ન થયોછે.

પૃથ્વીના આ બળને ગુરૂત્વ કહેછે.

૯. અવલંબાકર્ષણની વ્યાખ્યા.—પણ એ પૃથ્વીના બળ સિવાય ખીજાં બળો પણ છે. આપણે દોરી કે તાર લેઈ તેને તોડી તેના બે કકડા કરવા માંડીશું તો તે આપણને તેમ કરતા અટકાવવાનું બળ કરશે, અને જો આપણું તોડવાનું બળ તેના અટકાવવાના બળથી વધારે હોયછે તોજ આપણે તેને તોડી શકીએ છીએ. દોરી કે તારના જુદા જુદા ભાગો કે રજકણો એક એકને કોઈબળેકરીને વળગી રહેછે, અને તે બળ તેઓને છૂટા પાડવાની સામે થાયછે. સઘળા ઘન પદાર્થના, લાકડું, પથ્થર, ધાતુ, આદિકના ભાગો કે રજકણો એમ કરે છે. ઘણા પદાર્થો એવા છે કે તેઓને ત્રોડી તેઓના કકડા કરવા, કે તેઓને વાળવા અથવા ભાંગી તેઓનો ભૂકો કરવો, કિમ્વા તેઓના આકારમાં યા કદમાં કોઈ પ્રકારનો ફેરફાર કરવો મુશ્કેલ છે. હરકોઈ પદાર્થના ભિન્ન ભિન્ન રજકણોને જે બળ એકએકની સાથે વળગાડી

રાખેછે તેને અવલંબાકર્ષણ કે સ્નેહાકર્ષણ કહેવામાં આવેછે.

ગુરુત્વાકર્ષણ અને અવલંબાકર્ષણ એ બે બળો મધ્યેના ભેદ હવે તમારા સમજવામાં આવ્યો; બધા પદાર્થોને પોતાની ભણી અવવાનું જે બળ પૃથ્વી કરેછે, અને જે બળ ઘણે દૂર સ્થળે પહોંચેછે તે ગુરુત્વાકર્ષણ છે; ઉદાહરણ, સૂર્ય આપણાથી બે લાખ માળીસ હજાર મૈલને અંતરે છે તેપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થાયછે. પદાર્થમાંના પાસે પાસે રહેલા રજકણો એક એકને વળગી જોડ રહેવાને જે બળ કરે છે તેને અવલંબાકર્ષણ કહેછે. રજકણો એક એકની ઘણા નજીક હોયછે ત્યારેજ એ બળ પોતાનું કાર્ય કરેછે; કેમકે કોઈ વસ્તુ એકવાર ભાંગી કે વટાઈને તેનો ભૂકો થયો તો તેના રજકણો સહેલાઈથી ફરીને જોડાઈ જતા નથી.

૬. રસાયની આકર્ષણની વ્યાખ્યા.—એ બળો ઉપરાંત રસાયની આકર્ષણ બળ છે. રસાયનવિદ્યાની પ્રથમ પાથીમાં (કલમ ૪ થી માં) તમને જણાવવામાં આવ્યું છે કે કોલસા અને ઑક્સિજન એ બે વસ્તુઓને રસાયની સંયોગ થાયછે, અને તેઓના બળવાથી કાર્બોનિક આસિડ ગ્વાસ બનેછે. જેમ પૃથ્વી પથ્થરને પોતાની ભણી ખેંચેછે તેમજ કોલસા અને ઑક્સિજન એક એકના ઉપર બળ કરેછે ને તેથી તેઓ તણાઈ એકઠા થાયછે. એ બળે કરીને તેઓ એક બીજાની તરફ ધસારો કરેછે અને મળી જાયછે. એ સંયોગથી એ બેથી કેવળ નોખો પદાર્થ બનેછે. આ બળને રસાયની આકર્ષણ કહેછે. એનું વિશેષ લક્ષણ એ છે કે જુદી જાતના પદાર્થો એક એકપર એ આકર્ષણ કરે છે. ભિન્ન જાતની વસ્તુઓ ભળી જવાને ધસી આવી આપ્રમાણે સંયોગ પામેછે તેઓ વિષે માત્ર રસાયનશાસ્ત્ર છે.

૭. આ બળોનો ઉપયોગ.—મૃદ્ધિનાં મુખ્ય બળોવિષે તમને કાંઈક કહ્યા પછી તેઓ શાં કાર્યો કરેછે, અને તેઓ મૃદ્ધિમાં

હોવાનાં શાંકારણ છે તેની તજવીજ કરીએ; અને હું ધાંધું કે તેઓ વિના આપણી અવસ્થા ઘણી માઠી હોત એ જાણુશો. પ્રથમ આપણે ધારીએ કે ગુરૂવાકર્ષણ નથી અને વસ્તુઓને પૃથ્વી પોતાની બણી ખેંચતી નથી. કોઈવાર આપણે થોડા હાજવાળા કુંગર ઉપર ચડીએ છીએ તે વારે એમ ધારવાને લલચાઈએ છીએ કે જેવી સહેલાઈથી આપણે હેં ઉતરીએ છીએ તેવી સહેલાઈથી ઉપર ચડી શકીએ તો કેવું સાહે ! ગુરૂવાકર્ષણ હોય નહિ એવું આપણે કેવા ચાહીએ છીએ ! પણ જો કોઈ દેવદાનવ આપણી એ ઠગા પૂરી પોડે તો આપણા મહાભોગ મળે. ગુરૂવાકર્ષણ ન હોય એટલે ભારપણ નાજ હોય, અને એમ હોય તો આપણે કુંગર ઉપર સહેલથી ચડી શકીએ, પરંતુ હવામાં ઉછળીએ તો ત્યાંજ રહીએ; અને આ ધરતીનો કદાચ તદન ત્યાગ પણ કરી શકીએ. આપણા ધરમાંનાં વાસણ કુસણ વગેરે સામાનમાંનું કેટલુંક ભોંય ઉપર અને કેટલુંક છાપરા ઉપર પોડેલું તથા કેટલુંક વામાં તરતું માલમ પોડે. જેમ જમીન ઉપર હોડીએ છીએ તેમજ સહેલથી છાપરે હોડી શકીએ. વળી ચંદ્રમાને પૃથ્વી જોડે વળગણ ન રહેવાથી તે આપણને છોડી જતો રહેશે અને પછી કદી મળશે નહિ; તેમજ પૃથ્વીને સૂર્યના સાથમાં રહેવાનું બંધન ન હોવાથી સૂર્યને પાછળ મૂકી તે તારાઓમાં ભટકશે.

ગુરૂવાકર્ષણ ન હોય તો એમ અને. જો અવલંબાકર્ષણ ન હોય તો શું થાય તે હવે જોઈએ. એ બળ જો ન હોય તો ધન પદાર્થોના રજકણો એક એકને વળગી રહે નહિ, તે સર્વના કકડા થઈ જાય, કે વધારે ખરું કહીએ તો તેઓનો બૂકો થઈ જાય. આપણા પાટલા પાટલાના લાકડાનો અને વાસણોનો બૂકો થઈ જાય, ધરમાં રાત્રરચીલું કાંઈ રહે નહિ; આપણાં ઘરોની બીંતોમાંની ઇંટોનો પણ બૂકો થઈ જાય એટલે આપણે રહેવાને ઘરો મળે નહિ. આપણા પોતાના શરીરનો પણ બૂકો થઈ

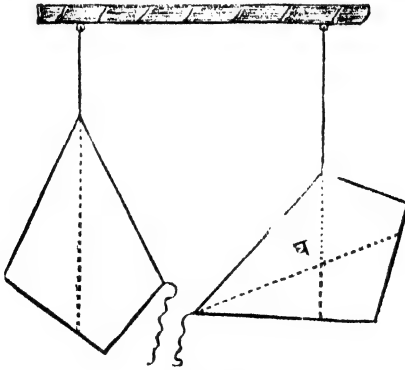
જાય, અને સારાંસા એ કે બધી વસ્તુઓનો મોટો ધૂળનો ઢગલો બને.

છેલ્લે જો રસાયની આકર્ષણ પણ ન હોય તો શું થાય તે જોઈએ. પ્રથમ તો દેવતા સળગશે નહિ, અને સળગેલા હશે તે હોલવાઈ જશે, કારણકે લાકડાંમાંનો અને કોયલામાંનો કાર્બોન વામાંના ઑક્સિજન સાથે ભળવાની દરકાર કરશે નહિ.

ખીજું, હરકોઈ બે સાદા પદાર્થો એકબીજા મૂળતત્ત્વો, મિશ્ર પદાર્થ બનવાને એકઠાં થશે નહિ. માત્ર સોડેક તત્ત્વો રહેશે, અને તેઓમાં ઘણાક ધાતુ અને થોડાક ગ્લાસ (વાયુ) હોવાના. આવી દુનિયામાં ભાત ભાતના મિશ્ર પદાર્થો હોવાના નહિ, અને કોઈ જીવતું પ્રાણીએ નહિ હોય, કેમકે આપણાં અને સર્વ પ્રાણીનાં શરીરો મિશ્ર પદાર્થો છે; જો રસાયની આકર્ષણ નાશ પામે તો તેઓનો કેટલોક ભાગ ઊડી જઈ વામાં ભળી જાય, અને કેટલોક ભાગ, જે કાર્બોન, થોડાક ફોસ્ફોરસ તથા એક બે ધાતુઓનો બનેલો છે, તે ચુરો બની ભોંય પડે અને આપણો અંત આવે.

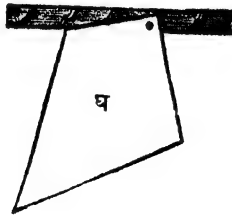
ગુરુત્વાકર્ષણની કૃતિ શી રીતે થાયછે.

૮. ગુરુત્વમધ્યચિંતુ. પ્રયોગ ૩ જો. — ગુરુત્વ કયા પ્રકારનું



બળ છે તે જાણવાનો યત્ન હવે આપણે કરીએ. એ કાળે આ અનિયમિત ચપટું લોઢાનું પત્રું લેઈએ અને તેને દોરા વડે લટકાવીએ. જોયું એ અમુક રીતે લટકે છે. એ પત્રા ઉપર પ્રથમથી જે લીટી દોરી છે તે એ દોરીની દિશામાં છે, અને તેના ઊભા વધારો છે. ફરીને એ પત્રાને કોઈ ખીજા બિંદુથી છૂટથી લટકાવીએ; અહીં પણ વળી દોરાની દિશામાં ખીજી લીટી થઈ છે, તે તેના વધારો હોય તેવી છે, અને જોવામાં આવે છે કે એ બે લીટીઓ એક એકને ઘ બિંદુમાં છેદે છે.

હવે પત્રાને તેની કોરના કોઈ ખીજા બિંદુથી ટાંગીએ. એમાં પણ એ દોરીની દિશામાં વધારેલી લીટી કરી છે. એ ત્રણે લીટીઓ એક એકને તેજ ઘ બિંદુમાં છેદે છે એ સહજ જોઈ શકાય છે; વસ્તુતઃ એ પત્રાને તેના હરકોઈ બિંદુએથી છૂટથી લટકવા દેઈએ અને દોરાના વધારા પ્રમાણે લીટી દોરીએ તો તે સઘળી ઘ બિંદુમાં એક એકને છેદશે. એમ જે બિંદુથી ટાંગશો તેની સાંધી દિશામાં નીચે એ ઘ બિંદુ સદા હોવાનું, અને પત્રાને તમે કોઈ બાજુએ ખસેડી છોડી દેશો કે તે પાછું પોતાની જૂની સ્થિતિમાં આવશે. હવે એ વિશેષ ઘ બિંદુ શું છે? એ જાણવાને એ ઘ બિંદુએ દોરો વળગાડી તે વડે તેને લટકાવીએ. જુઓ કે જાણે બિંદુમાં પત્રાનો બધો ભાર એકેટલો થયો હોય તેમ તે બધી દિશામાં તેની આસપાસ તોળાઈ રહે છે. એ પત્રાનું જે ગુરુત્વ મધ્યબિંદુ કહેવાય છે તે એ ઘ બિંદુ છે; અને જો ખીજી આકૃતિમાં છે, તેમ એ



પત્રાને છૂટથી ટંગાવા દેશો તો એનું એ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ જેમ વધારે નીચું રહે તેમ તે લટકશે. અથવા દોરાએ ન લટકાવતાં એ પત્રાને છૂટથી લટકી શકે એમ ખીંટીમાં ખોશીએ તો એનું ઘ બિંદુ જેમ વધારે નીચું રહે તેમ લટકવાનું તે કરશે, અને ત્રીજી આકૃતિમાં છે તેવી સ્થિતિમાં ન રહેતાં એનું ઘ બિંદુ ખીંટીની ઊભી સીધી લીટીમાં આવે તેમ એ પત્રું લટકશે. પદાર્થનો બધો ભાર વ્યવહાર ઉપયોગાર્થે કહીએ તો, એ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુમાં એકઠો થાયછે, અને ત્યાંથી કૃત્ય કરેછે. એવી કલ્પના કરી શકીએ. પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે હરકોઈ પદાર્થ સ્વભાવે કરીને નીચો રહેછે, અર્થાત્, તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ જેમ અને તેમ નીચું રહેછે.

૧. કાંઠો.—પ્રત્યેક વસ્તુમાં એ પ્રકારનું ઘ બિંદુ હોયછે, અને તેને આપણે ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કહીએ છીએ. ૨૭ મે પાને કાંઠાનું (ત્રાજવાનું) ચિત્ર છે તેને પણ ખીજી બધી ચીજોની પેઠે તેનું ઘ બિંદુ તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ છે, અને લોઢાના પત્રાની માફક તે પણ તેના એ બિંદુને બની શકે એટલે નીચે રાખવાનો યત્ન કરશે.

ત્રાજવાનાં બંને પલ્લામાં કાટલાં સરખાં હોયછે ત્યારે જે બિન્દુ પર દાંડી રહેલી છે તેની હેઠે સીધી લીટીમાં સમાનતા-દર્શક કાંઠામાં કોઈ સ્થળે ઘ બિંદુ હોયછે; અને તે માટે જે દાંડીના એક હાથાને ઝાલી નમાવીએ કે ઊંચા કરીએ તો તેને છૂટો મેલ્યા કેડે એ તે પોતાની પ્રથમની સ્થિતિમાં આવશે. વહેવારમાં કામ ચલાવવાને માટે એ ઘ બિંદુમાં ત્રાજવાનો (કાંઠાનો) સધળો ભાર એકઠો થયેલો ધારી શકીએ. વસ્તુતઃ દરેક પલ્લામાં સરખા ભારનાં કાટલાં હોયછે, ત્યારે હમેશા તે સમધારણુ રહેછે, અને સમધારણુદર્શક કાંટો બરાબર મધ્યમાં રહેછે; માટે જે જે કોઈ ચીજને જોખવી હોય તેને એક પલ્લામાં મૂકીએ અને પછી કાટલાંને ખીજી પલ્લામાં મૂકવાથી કાંટો પૂરો મધ્યમાં રહે તો એ નક્કી સમજાવું કે તે

વસ્તુનો ભાર કાટલાંના ભારની બરાબર છે. પરંતુ જો તે વસ્તુ કાટલાંથી વધારે ભારે હશે તો તે વસ્તુભણીની દાંડી નમશે અને તેપરના કાંટા મધ્યમાં સીધો ન રહેતાં તે તરફ આડો રહેશે; તેમજ જો કાટલાં વધારે ભારે હશે તો દાંડી તેઓની ભણી નમશે અને કાંટા તેઓની ગમ વળશે.

પ્રયોગ ૪ થો—ધારો કે ત્રાજવાંના એક પલ્લામાં હું આ ધાતુનો કકડો મૂકું છું અને ખીજ પલ્લામાં ૧૫૦ ગ્રેન ભારનાં કાટલાં મૂકું છું. ધાતુના કકડાવાળું પલ્લું નમે છે, અને તે-વડે જણાવે છે કે એ કાટલાંથી ધાતુનો કકડો વધારે ભારે છે. પછી હું તેમાં ૨૫૦ ગ્રેન ભારનાં કાટલાં મૂકું છું તો તે ૧૮લકાંવાળું પલ્લું નમીને દર્શાવે છે કે તેઓ ધાતુના કકડાથી વધારે ભારે છે. એ પરથી સમજાય છે કે એ કકડાનું વજન ૧૫૦ અને ૨૫૦ ગ્રેનની વચ્ચે છે. હવે ૨૦૦ ગ્રેનનું કાટલું મૂકી જોઈએ. જુઓ આ દાંડીને વચ્ચેના કાંટા છે. તે પૂર્ણ મધ્યમાં રહ્યો અને ત્રાજવાંનો દોડો બરાબર ક્ષિતિજ-સમસ્ત છે. એ પરથી જણાય છે કે આ ધાતુના કકડાનું ૧૮૦ પૂરેતે ૨૦૦ ગ્રેન છે.

દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થા.

૧૦. મેં જણ્યું કે સૃષ્ટિમાં ભિન્ન ભિન્ન બળો છે તેઓની જરૂર છે, તેઓ વિના ચાલે નહિ, અને દ્રવ્યના એક ભાગનું ખીજ ભાગપર ખેંચાણ કે આકર્ષણ ન હોય તો આપણા જોવી દુનિયા હોયજ નહિ. વળી તમે જોયું કે અવલંબાકર્ષણ ન હોય તો ભૂકા વિના ખીજું કાંઈ ન હોય. હવણ હું તમને દેખાડું છું કે જો અવલંબાકર્ષણનું બળ હાલ છે તેથી ધાતું વધારે હોય તો આપણી ખરાખી લગભગ એટલીજ થાય, કેમકે તેમ હોય તો પ્રવાહી ન હોય, વાયુઓ (ગ્યાસીસ) ન હોય, પાણીએ ન હોય અને હવાએ ન હોય. લોઢાના કે ગજવેલના સળીઆના રજકણોમાં અવલંબાકર્ષણ બળ ધણું છે, અને એને તેછાં પાડતાં મુશ્કેલી

બહુ પડેછે. પરંતુ પાણીના અને પારાના રજકણોમાં એ સજ્જિત ભાગ્યે કિંચિત છે, અને તેથી સહજ માત્ર અડકાવાથી તેઓને સર્વ દિશામાં છૂટાં પાડી શકાયછે. તોપણ નીચલા પ્રયોગોથી જણાશે કે એ પ્રવાહીઓમાંએ કાંઈકે થાકું અવલંબાકર્પણ છે.

પ્રયોગ ૫ મો.—સીસીમાંથી ઘણું થોડું પારો અપટા કાચના પૃષ્ઠ ઉપર રેડો. એને દાખવાથી નાની ગોળીઓ રૂપે એ છૂટા પડી જશે. પારાના રજકણો એક એકને વળગી રહેછે એને પુરાવો એ ગોળીઓ છે. કેમકે એના ઉપર બીજે અપટા કાચ મૂકવાથી તમે તેઓને આંપી અપટી કરી શકશો; તથાપિ એ બીજે કાચ લેઈ લેવાથી પારો પોતાના આગળે ગોળીઓના આકાર ધારણ કરશે.

પ્રયોગ ૬ કો.—તેલવાળા કે બીજી કોઈ જાતની ચીકારાવાળા પૃષ્ઠ ઉપર થોડાં પાણીનાં ટીપાં છાંટો. તેઓના આકાર પણ ગોળ જણાયછે. પારાનાં ટીપાંનાં જેવાં તેઓ છે. એ પરથી સિદ્ધ થાયછે કે પાણીના રજકણો પણ એક એકને બાંધી રહેછે.

આપણે આસ લેઈએ છીએ તેવા વાયુઓના રજકણોનો નિયમ એથી ઉલટો છે. એકઠાં વળગી રહેવાનું તેમનામાં વલણ નથી, પણ ઉલટું જુદાં પડવાનું છે. વીખરાઈ જતાં બાળનારું કોઈ બળ ન હોય તો તેઓ એક એકને છોડી જતાં રહેશેજ.

મોટે, તમે જોયું કે દ્રવ્યની ત્રણ ભિન્ન અવસ્થા છે, ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુરૂપી; એમાંની પ્રત્યેક અવસ્થાને કેટલાક ગુણો છે તેઓ વેડે તેઓ પરબાયછે.

૧૧. ઘનની વ્યાખ્યા.—લોઢાના કે લાકડાના કકડા જેવા ઘન પદાર્થો, તેઓના આકાર કે કદ ફેરવવાના યતનની સામા થાયછે. બળાહારે તેઓના આકાર કે કદનો નાશ કરવામાં ન આવે તો જ કદ કે આકાર હોય તેજ સદા રાખેછે.

૧૨. પ્રવાહીની વ્યાખ્યા.—પાણી જેવા પ્રવાહી પદાર્થને સીસા, લોટાદિક હરકોઈ વાસણમાં રાખવાથી તે ઝમેવી રીતે પ્રસરી જાય છે કે તેનું પ્રહ સપાટ થાય છે, તોપણ તેનું કદ તે સદા જળવી રાખે છે. એક શેર પાણીને તમે અચ્છેર પાણીના માપમાં ગમે એટલા બળની સહાયતાથી સમાવી શકશો નહિ; તે પોતાનું કદ જેટલું હોય તેટલું રાખવાની હઠ લેશે—અર્થાત્ જેટલા અવકાશ તે રોકે છે કે જેટલા અવકાશમાં તે માય છે તેથી એમો અવકાશ નહિ રોકે, તેથી એમો અવકાશમાં નહિ માય, તથાપિ આકાર વિષે તેને કશી દરકાર નથી, અર્થાત્ જે આકારના પાત્રમાં તેને રેડો તે આકાર તે ધારણ કરે છે.

૧૩. વાયુઓ (ગ્યાસો) ની વ્યાખ્યા.—વાયુને પ્રહ નથી; હર કોઈ જતના વાયુ (ગ્યાસ) ને કોઈ સંપૂર્ણ ખાલી વાસણમાં મૂકશો તો ફેલાઈ જવાથી આખું વાસણ ભરાઈ જશે. વળી અમુક અવકાશ રોકવાને પ્રવાહીની પેઠે વાયુઓ (ગ્યાસો) બહુ બળથી પ્રતિરોધ કરતા નથી. શેર માપનું પાત્ર જેટલા વાયુથી ભરાયલું છે તેટલા વાયુને દાખવાને જોઈએ તેટલું બળ લગાડવાથી તે અચ્છેર માપના પાત્રમાં કે જોઈતું વધારે બળ લગાડવાથી તેથીએ એમો અવકાશમાં સમાવી શકાય. વસ્તુતઃ વા કે હવા (ગ્યાસ) ને એમો અવકાશમાં સમાવી શકાય, પણ પ્રવાહીને આપણે એમો અવકાશમાં સમાવી શકતા નથી.

ઘનપદાર્થના ગુણો.

૧૪. ઘનપદાર્થનું વિરોધ લક્ષણ એ છે કે તે પોતાનું કદ રાખવાને એટલે અમુક અવકાશ રોકવાને હઠ કરે છે એટલું જ નહિ, તથાપિ રૂપ કે આકાર જળવી રાખવા માટે પણ સામે થાય છે.

પ્રયોગ ૭ મો.—નીચેની ચાર આકૃતિઓમાંની ઉપલી એ

કદમાં સરખી છે. એક સંસિ છે. અને એક વાડકો છે. એ બેના આકાર ભિન્ન છે, પરંતુ કદમાં તેઓ બરાબર છે. (બેઉ અવકાશ સરખો રહે છે, તેના પુરાવો એ છે કે) એ બેમાં-



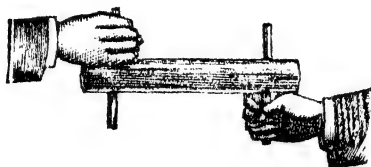
આકૃતિ ૪ થી.

ના એકને પાણીથી સમ્પૂર્ણ ભરી અને પછી તે પાણી ખીંજમાં રેડા તો જણાશે કે તેટલા પાણીથી તે ખીંજ પાત્ર પૂર્ણ ભરાશે.

એ પાત્રોની હેડ લાકડાના બે કકડા છે. એ બંને રૂપ કે આકારમાં સરખા છે, તથાપિ એક કકડા મોટો છે અને ખીંજે તેથી નાનો છે. તેઓનાં કદમાં ભેદ છે.

અવકાશ કે કદનો અર્થ (એ બેનો અર્થ એક છે) શો અને આકાર કે રૂપનો અર્થ શો તે હવે તમારા સમજવામાં આવ્યો હશે. બે ધનપદાર્થનાં કદ સમાન હોય, તથાપિ તમે તેઓમાંના એકના આકારને બદલી ખીંજના આકાર જેવો બનાવી શકશો નહિ. સંસિ અને વાડકો કદમાં સમાન છતાં તમે સીસાને વાડકાનું રૂપ આપી શકશો નહિ; તેમજ તમે બે સરખા આકારના ધનપદાર્થોને સમાન કદના કરી શકશો નહિ, — ઉપરના બે લાકડાના સરખા આકારના કકડામાંના મોટાને દાખીને નાના જેવો કરી શકશો નહિ. જે પદાર્થ સંપૂર્ણ ધન હશે તે પોતાના આકાર કદી બદલશે નહિ, તથા પોતાનું કદ પણ બદલશે નહિ, તે સદા પોતાના રૂપમાં અને કદમાં રહેશે.

પ્રયોગ ૮ માં.—હું આ લોહાના સળીઆને લઉં છું; પ્રથમ હથોડાવતી એના કડકા કરી નાંખવાની કોશિશ કરું છું, પણ



આકૃતિ ૫ મી.

એ ભાંગતો નથી. તો હું એને એક છેડેથી તંગ લટકાવી ખીન્ને છેડે ભારે વજન ભેરવી લાંબો કરવાનો યત્ન કરું છું, પણ તે લાંબો થતો નથી.

એ સળીઆને બંને છેડે કાણું છે. તેમાં દાંડા ઘાલી ચિત્રમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આમળો દેવાનું કરું છું, એક છેડાને સ્થિર પકડી રહી ખીજને અમળાવું છું, પણ તે મરડાતો નથી.

હવે હું એ સળીઆને ટેબલ ઉપર બોલો રાખું છું. તેના એક છેડા ટેબલના પૃષ્ઠ ઉપર છે, ને ખીજને ઊંચા છે તે ઉપર ભારે બોલો મૂકી તેને દાખી નાંખવાનું કરું છું, પણ તે દબાતો નથી.

હવે હું એને બે છેડે આડો (ક્ષિતિજ સમસૂત્ર) લટકાવું છું અને તેના મધ્ય ભાગે ભાર ટાંચું છું. હું જોઉં છું કે તે વળતો નથી.

આ લોહાના સળીઆને હું ઘાથી ભાગી શકતો નથી, લાંબો કરી શકતો નથી, મરડી શકતો નથી, દાખી શકતો નથી અને વાળી શકતો નથી. એ ઘન પદાર્થનું સાદું ઉદાહરણ છે; એમ છતાં પણ જો હું એને અતિશે મોટું બળ લગાડું તો એ લાંબો થઈ શકે, મરડાઈ શકે, દબાઈ શકે કે વાકો થઈ શકે. અને આ વર્ણવેલા પ્રયોગોમાં વસ્તુતઃ મેં તેને ખરેખરો લાંબો કર્યો, મરડ્યો, સંકોચ્યો અને વાળ્યો, પણ દેખી શકાય એટલો નહિ. જેટલું બળ લગાડીએ તેટલી અસર થાય, તે પ્રમાણે લાંબો થાય, કે મરડાય, કે સંકોચાય, કે વળે; અને આપણે જો બળ લગા-

ડીઝ્મે અને તેથી કાર્ય ઉત્પન્ન કરીઝ્મે તેની વચ્ચેના સંબંધને શોધી કાઢવાનો પ્રયત્ન આપણે પદાર્થવિજ્ઞાનમાં કરીઝ્મે છીઝ્મે. આવિષે હું તમને બધું કહી શકતો નથી, કેમકે તેમ કરવામાં વખત ઘણો લાગે, પરંતુ આપણે કોઈઝ્મેક ક્રિયા કરી જોઈઝ્મે. વાળવાની ક્રિયા કરીશું અને તે ઉપરથી લગાડેલા બળના ઉપર અસર કેવે પ્રકારે આધાર રાખેછે તે જાણવાની કોશિશ કરીશું.

૧૯. વાઝ્કું. પ્રયોગ ૯ મો.—ઝ્મે પ્રયોગને મોટે લાકડાની પટ્ટીને તેના બે છેડા વતી આડી ટેકવી રાખીઝ્મે, અને કેટલુંક ભારે વજન તેના મધ્ય ભાગે ટાંગી દોરી અને માપ વતી ભરી જોઈઝ્મે કે તે કેટલી વળી છે. પછી ઝ્મેથી બમણો ભાર ત્યાં ટાંગી વધેલા વજનથી તે મધ્ય ભાગ કેટલો વધારે વળ્યો છે તે તપાસીશું તો માલુમ પડશે કે પહેલાં કરતાં આશરે બમણી વળી છે, ઝ્મેટલે ભાર બે ગણો કરવાથી પટ્ટી શુમારે બમણી વળી. વસ્તુતઃ ભાર લગાડ્યો તેના પ્રમાણમાં લગભગ વળી છે.



આદૃતિ ૧. ડી.

પ્રયોગ ૧૦ મો.—ઝ્મેજ પટ્ટીને ચપટી ના રાખતાં તેની કોરે ઉપર રાખીઝ્મેકે તેથી મોટા ચપટા પૃષ્ઠને બદલે ઊંડાણ વધારે મળે. જે વજન ઉપલા પ્રયોગમાં લગાડ્યું હતું તેજ ઝ્મે સ્થિતિમાં તેને લગાડતાં જાણશે કે પટ્ટી અગાઉ જેટલી વળી નથી.

૧૬. લાકડું, લોહું, વગેરે હિમારતી સામાનની મજબૂતી.—કોઈ ગજ્જર કે ઈજનેર ઈમારત બાંધવામાં લાકડાના મોટા ભારવટીઆ (ભારોટીઆ) વાપરે ત્યારે તેમાંનું ઊંડાણ જેમ વધારે આવે તેમ જડવાથી તેઝ્માની મજબૂતીમાં વધારો થાય ઝ્મે દેખીતું છે; લાકડું કે લોહું વાપરવાનો સર્વોત્તમ પ્રકાર જાણવાની તેને જરૂર છે.

મિચ્છી, ગજ્જર કે ઈજનેરને યાદ રાખવાની ખીજ બાબત

એ છે, કે ઘર પર કે પૂલ ઉપર વધારેમાં વધારે બોળે મુકવાનો હોય તેથી પાંચ છ ગણા વધારે ખર્ચી શકે એટલી મજા-ખૂતી ધરને અને પૂલને હોવી જોઈએ. ઘરનો માળ બારે વજન મુકવાથી પડી ન જાય એવો હોય, અથવા પૂલ ઉપર લાંબી ટ્રેન ચાલી જાય પણ તે ટુટે નહિ એટલો મજાખૂત હોય, તથાપિ તે બોળથી માળ એટલો બધો વાંકો વળે કે બોળે ઉપાડ્યા પછી તે પાંચા સીધા થાય નહિ, અને તેમજ પૂલ એટલો વાંકો વળે કે ટ્રેન ગયા પછી પાંચા સીધા થાય નહિ. એમ બનેછે, ત્યારે પ્રત્યેક વાર તેટલો બાર ભરતાં મેડાનું કોવત કમી થતું જાયછે, અને દર વખતે તે પૂલ ઉપરથી ટ્રેન જાયછે તેવારે પૂલની મજાખૂતી ઘટેછે. વસ્તુતઃ તેઓ વધારે વધારે વાંકા થતા જશે, અને એટ દુરશે. મોટે મિસ્ત્રી કે ગઢૂરે તથા ઈજનેરે ખૂબ સંભાળ લેવી કે તેની બાંધણી સંપૂર્ણ સીધી થઈ શકે તેથી વધારે કદી વાંકી થાય નહિ.

૧૭. ઘર્ષણ.— ધનો વિષે કહેવું પૂરું કરવાની પહેલાં ઘર્ષણ વિષે થાડુંક કહીશું. ટેબલ ઉપર બહુ બારે વજન મૂકીએ તો તેને ખસેડતાં ઘસું જાયછે બળ જોઈએ, તથાપિ ટેબલ લાકડા-ને ડેકાણે આરસની હોય તો મમ એવાછા બળથી તેજ વજન ખસેડી શકાય, અને જો તે બોળે *ખરફ પટ્ટ ઉપર હોય તો તેથીએ એવાછા બળથી તેને ખસેડી શકાય. બારે વજનને ખસેડવામાં કે ઘસેડવામાં જે બળ હરકત કરેછે તેને ઘર્ષણ બળ કહેછે. આગળ કહ્યું તેમ ખીજાં બળો વિના જેમ આપણી માફી દરા થાય તેમ ઘર્ષણ વિના પણ જગભગ તેવી થાય; કેમકે જો ઘર્ષણ ન હોય તો આપણે સદા *ખરફ પર ચાલતા હોઈએ તેમ થાય; અને જ્યાં જરાએ ઢાળ હોય, ત્યાં કાંઈ ગિબું રહી શકે નહિ, દરેક ચીજ તળીએ સરી જાય.

* તળાવ, નદી, વગેરેનાં પાણી ઠરી ખરફ અને ત્યારે તેનું પૃષ્ઠ એટલું લીસું થાયછે કે ચાલતાં સરી પડવાની ધારતી રહેછે. ભા.ક.

પ્રવાહીના ગુણો કે લક્ષણો.

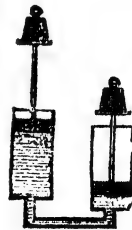
૧૮. તેઓ પોતાનું કાચ જાળવી રાખેછે.—પ્રવાહીના ઉદાહરણ પાણીના રજકણને આપણે સહેલથી હલાવી શકીએ, પરંતુ પાણીના કોઈ પરિમાણને હરકોઈ ઉપાયથી એમણા કદનું કરી શકતા નથી, અથવા શેરના માપમાં જેટલું પાણી માય તેટલાને અચ્છેરના માપમાં મવરાવી શકતા નથી.

પ્રયોગ ૧૧ મો.—તોપણ આપણે અજમાવી નેદઈએ અને શું થાયછે તે જાણીએ, કેમકે જ્યારે પ્રયોગ કરી શકાય ત્યારે તે કર્યા વિના રહેવું નહિ. એક છેડે બંધીઆર નળીમાં પાણી રેડીએ અને બીજે ખુલ્લે છેડે પાણીને જવાનો માર્ગ ન આપે એવો દાંડાવાળો દોટો દેઈએ. એ પાણી એમણા અવકાશ રોકે તેમ કરવાને એ દોટાને નીચે ઉતારવાનો ચત્ત કરીએ, અને તેમ કરવાને તેની ઉપર માટું વજન મૂકીએ; પણ એથી પાણીને સંકોચી શકતા નથી.

૧૯. તેઓ ઉપર એક તરફથી કરેલા વચાળની બસઘર્ષામિત થાયછે.

પ્રયોગ ૧૨ મો.—આ પ્રયોગમાં પાણીને બે પિરતન એટલે દોટાથી બંધીઆર કરીએ. એક દોટાને નીચે ધકેલવાથી બીજે દોટો ઉંચી ચડેછે. એમાંના પ્રત્યેકના ઉપર દશ શેર ભાર મૂકીએ તો એક બીજાને સમતાલ રાખશે અને એકે ખસશે નહિ.

પ્રયોગ ૧૩ મો.—સાતમી આકૃતિમાં છે તેમ ગયા પ્રયોગમાં બંને દોટા ઊભા હતા; પણ હવે એક દોટાને ઊભો અને બીજાને આડો (ક્ષિતિજની દિશામાં) રાખીએ અને એક સાદી યુક્તિથી દશ શેર ભાર એ આડા દોટાને લગાડીએ. એટલુંજ વજન ઊભા દોટાને લગાડવાથી આડા દોટાને લગાડેલો દશ શેર ભાર પૂરો તોળાઈ રહેશે. પરંતુ જો આપણે ઊભા દોટાને બાર શેર ભાર લગાડીએ તો આડો દોટો હડી



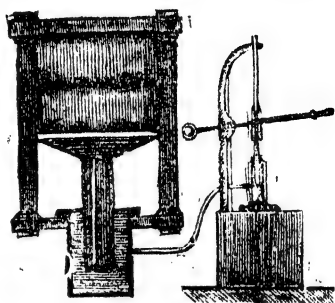
આકૃતિ ૭ મી.

જરો; અને તેમ જો આડા દાટાને બાર શેર બાર લગાડીએ તો ઊભા દોટા હડી જરો. એમ ઊભા દાટાને લગાડેલા દશ શેર બારના નીચલી મેરના દબાણ બળને તેટલુંજ આડું અને બહારની મેરનું બીજા દાટાને લગાડેલું બળ પાણીની મારફત ફરી શકાય. એમ તમે જોયું કે પાણી જેવા પ્રવાહી પદાર્થ પર થયેલું દબાણ બળ બધી દિશાએમાં લાગે છે. આ સત્ય પારકાલ નામે વિદ્વાને જાણ્યું હતું.

પ્રયોગ ૧૪ સો.—આ પ્રયોગમાં બે ઊભા દાટા છે, પરંતુ તેઓ- માંના એકનું પૃષ્ઠ બીજાથી બમણું છે. એમાંના નાના દાટા ઉપર દશ શેર બાર મૂકીએ તો તેથી તે મોટા ઉપર દશ શેર બાર રાખવાથી તોળારો નહિ. એ નાના ઉપરના દશ શેર બાર- ને તોળવાને મોટા ઉપર વીસ શેર બાર રાખવો પડશે. તેમજ જો એ મોટાનું પૃષ્ઠ નાનાના પૃષ્ઠથી ત્રમણું હશે તો નાના ઉપરના દશ શેર બાર મોટા ઉપરના ત્રીસ શેર બારને તોળશે. મોટે એક દાટા પર નીચલી મેર થતું દબાણ બીજા દાટા ઉપર ઉપલી ગમ દબાણ કરે છે (ઉપલી મેર ધકેલે છે) એટલુંજ નહિ, પરંતુ એમ ઉપલી ગમ થતું દબાણ મોટા દાટાના પૃષ્ઠના પ્રમાણમાં થાય છે; તેથી જો એક દાટાનું પૃષ્ઠ બીજાથી ત્રણ ગણું હોય તો ત્રણ ગણા બળથી ઉપર ધકેલાશે.

૨૦. જલસંકોચનયંત્ર.—પાણીનો આ ગુણ ઘણો કીમતી છે. બહુ બળવાન યંત્ર બનાવવામાં તેનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યા છે. એ સંચો પ્રથમ આમાહ નામે પુરૂષે રચ્યો તે પરથી તેને આમાહ સંકોચક યંત્ર કહે છે. આ નીચે તેની આકૃતિ દર્શાવી છે. રૂની બે ગાંસડીઓને જોમ અને તેમ સંકોચી નાની કરવી છે. એક સ્થળેથી બીજે સ્થળે કે એક દેરાથી બીજે દેરા લેઈ જવાને તેઓનું કદ જોમ નાનું હોય તેમ વધારે અનુકૂળ પડે છે, કેમકે તેથી તેઓ ઓછી જગ્યા રોકે છે. એ સંચાના ચિત્રમાં બે દાટા છે, એક મોટા અને એક નાનો—તેઓ- માંના મોટાનું પૃષ્ઠ, કે ક્ષેત્રફળ, નાનાથી સાગણું છે. મોટે

નાના ઉપરના એક ટન બોજને તોળવાને માટે ઉપર સો ટન બોજને મુકવો પડશે. એ સો ટન બોજને ન મુકીએ તો તે (મોટા દોટા) સો ટનના અતિ ભારે બળથી ઊંચો ચડશે, અને તેટલા નેરથી રૂની ગાંસડીએ ઉપર દબાણ કરશે, અને તેઓ તેથી બહુજ સંકોચાઈ જશે.



આદિતિ ૮ મી.

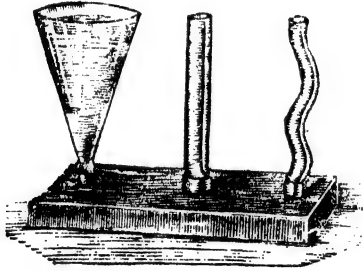
અલબત્ત આ પ્રકારના યંત્રમાં તેનો દરેક ભાગ ઘણો મજબૂત અને સજડ હોવાની જરૂર છે. તેમ ન હોય તો હરકોઈ તડ કે માગમાંથી અથવા નબળા ભાગને તોડી અતિબળથી પાણી બહાર ધસી આવશે.

૨૧. પ્રવાહી પદાર્થોનાં પુષ્ટો હંમેશ સપાટ હોયછે.—પ્રવાહી વસ્તુઓનો ખીજો ગુણ એ છે કે તેઓ સદા એવા ગોઠવાયછે કે તેઓનાં પૃષ્ઠ સપાટ રહે. તમારા જોવામાં ઝટ આવશે કે કોઈ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠ ત્રાંસું હોઈ શકે નહિ, કેમકે ત્રાંસું હોય તો તેના જે ભાગ ઊંચો હોય તે, ધર્પણ ન હોવાથી, નીચલા ભાગ ભણી સરી જશે. ભૂમિતિવેત્તા તમને એમ કહેશે કે પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર એમાંજો રાખીએ તો તે પૃષ્ઠ ઉપર તે એમાંજોના દોરી લંબ થશે; અર્થાત્ તે પૃષ્ઠની તરફ હરકોઈ દિશામાં ત્રાંસી નહોતાં સીધી ઊભી રહેશે. આ સત્ય ઘણા સાદા પ્રયોગથી દેખાડી શકાયછે.

પ્રયોગ ૧૫ મો.—સીસામાંનો સઘળો પારો કોઈ ચપટા વાસણમાં રેડો, અને વાસણને સપાટ રાખી તેનું તળીયું પારાથી ઢકાઈ જવાદો. હવે તે વાસણ ઉપર એમાંજો લટકાવી જોશો તો જણાશે કે એમાંજોનું પ્રતિબિમ્બ અને એમાંજો એક દિશા-

માં છે, અને તેથી ચ્માંભો પાસમાં નીચે ઉતર્યો હોય ચ્મ જણાયછે. ચ્મ દર્શાવેછે કે ચ્માંભો પૃથ્ ભણી ત્રાંસા નથી; કેમકે જો ત્રાંસા હોય તો ચ્માંભો અને તેનું પ્રતિબિંબ ચ્મક લીટી ન બને.

પ્રયોગ ૧૬ માં.—પ્રવાહી વાંકી નળીમાં હોય તો ચ્મ તેમાં તે સપાટ પૃથ્વાળું હોયછે. નીચેના ચિત્રમાં ડાબા હાથ ભણી-માંના પાણીના પૃથ્ની સપાટી જમણા હાથ ભણીની નળીના પાણીના પૃથ્ની સદા સમાન રહેવાની. નળીના આકાર હરકોઈ તરેહનો હોય તો ચ્મ ચ્મજ થવાનું. આ વિચિત્ર રૂપની નળીચ્માં પાણી ભરવાથી તમારી ચ્મ વિષે ખાતરી થશે. જુઓ અધી નળીચ્માં પાણીની સપાટી ચ્મકસરખી છે.

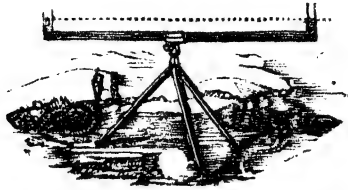


આકૃતિ ૬ મી.

૨૨. જલસપાટી.—ઉપલી આકૃતિમાં તમે જળસપાટી જુઓછો તે વિષે હવે હું કહું છું. નળીને બંને છેડે પાણીના મથાળાની લીટીમાં જોઈ તો હું જાણું છું કે હું સપાટ લીટીમાં જોઈ છું, અને મારી પાસેનાં બધાં બિંદુચ્માં ચ્મ લીટીમાં જોઈ-છું. તેચ્માં પૂરેપૂરાં ચ્મકજ સપાટીમાં છે. જો રેલ આવે તો તે ચ્મ સઘળાંને ચ્મકે વખતે પહોંચે.

ક્રિયાં બિંદુચ્માં ચ્મક સપાટીમાં છે, તે જાણવું ઘણીવાર બહુ અગત્યનું હોય છે; જો ચ્માં નહેર કે રેલવે બનાવેછે તેચ્માંને ચ્મ જાણવાની જરૂર છે, અને તે જાણવા માટે કોઈ પ્રકારના

સપાટીદર્શક યંત્રની તેમને ગરજ છે. જે પ્રકારનું યંત્ર તેઓ



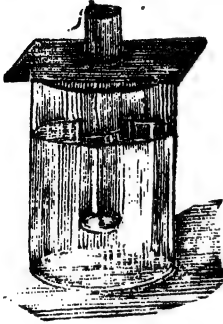
આદતિ ૧૦ મી.

વાપરેછે તેને સ્પિરિટ-લેવલ ઓટલે મધ્યક સપાટી કહેછે; આપણે જેનું વર્ણન કર્યું તે વાટર-લેવલ ઓટલે જગસપાટી છે.

૨૩. કંડા પાણીનું સ્થાપન.—હવે આપણે પાણીથી ભરેલું કાંઈક ઊંડું વાસણ લેઈએ. તમારા જોવામાં તુર્ત આવશે કે એના તળીઆની નજીકના પાણીના થરો, તેઓની ઉપરના સઘળા પાણીના ભારથી દબાયલા છે, માટે પૃથ્વી જેમ તેઓ વધારે નીચાણમાં હોય તેમ તેઓની ઉપર દબાણ વધારે હોય. પૃથ્વી બે કુટ નીચેના થરોઉપર એક કુટ નીચેના થરથી બમણા પાણીનું દબાણ હોયછે; બીજા સ્તરમાં કહીએ તો ઊંડાઈના પ્રમાણમાં દબાણ હોવાનું.

પ્રયોગ ૧૭ મો.—એ દબાણ બધી મેર થશે, જેમ નીચલી ગમ થશે તેમજ ઉપલી ગમ અને બાજુઓ ઉપર. આ દેખાડવાને આ વાસણમાં પાણી ભરીએ, અને મથાળાની પાસે બાજુએ કાણું છે તેનો ડૂબો છે તે કાઢી લેઈએ. તમે જુઓછો કે બાજુ ઉપર દબાણ થાયછે તેણે કરીને પાણી હડસેલાઈ બહાર આવેછે, પણ બહુ જોરમાં નથી આવતું; તળીઆની સમીપના બાકાને ડૂબો છે તે હવે કાઢી લેઈએ, એટલે તમે દેખોછો કે ઉપરના પાણીના ઘણા ભારને લીધે દબાણનું બળ ઘણું વધારે છે, અને તેથી પાણી ઘણા બળથી ધસી આવેછે. એમ બાજુઓપરનું દબાણ બતાવ્યું. હવે હું તમને દેખાડું કે ઉપલી મેર પણ દબાણ છે. એ માટે હું આ કાચની પહોળી ભુંગળી લઉં છું. એ બંને તરફથી ખુલ્લી છે, પણ એને બે-

સતું આપે એવું છૂટું તળીયું મારી પાસે છે તે બેસાડું છું. એ તળીયાને આ દોરી આંધી છે તેવો હું એને સપાટ બેઠેલું રાખી શકું છું. એ દોરી વેડે ઝાલી હું ભુંગળીને પાણીના



આદતિ ૧૧મી.

વાસણમાં પૃષ્ઠની નીચે બોળું છું. હવે હું દોરીને મૂકી દઉં છું તો પણ તળીયું પડી જતું નથી તેનું કારણ એ કે તેના ઉપર પાણી ઉપલી મેર દબાણ કરે છે. હવે એ ભુંગળીમાં ગળીવાળું વાદળી રંગનું પાણી રેડું છું તો એ તળીયું ઝંચકાયલું રહે છે. ભુંગળીમાં એ પાણીની સપાટી તેના બહારના પાણીની લગભગ સપાટી બરાબર થશે ત્યારે જ એ તળીયું વખૂટું પડી નીચે પડશે, કેમકે તેવારે એ

છૂટા તળીયાને પાણીનું ઉપર ભણીનું દબાણ છે તેની બરાબર ભુંગળીમાંના રંગિત પાણીનું નીચલી ગમનું દબાણ થશે.

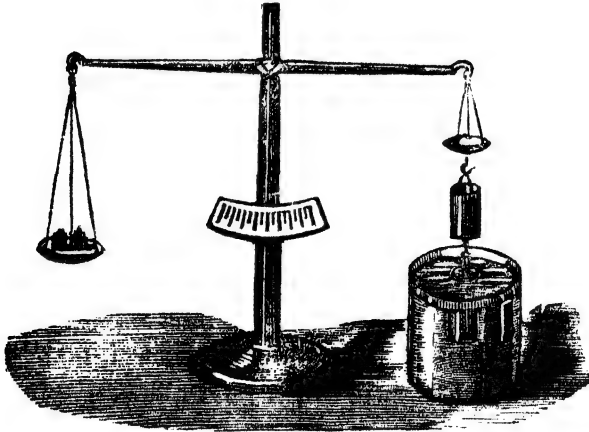
જો તમારામાંનું કોઈ હોડીમાં બેશી જોડા પાણીપર જશે તો બહુ જોડાણમાં પાણીનું દબાણ ઘણું છે તેની પોતે ખાતરી કરી શકશે. કોઈ સાધારણ સંસિા લેઈ તેના ત્રણચતુર્થાંશ ભાગ પાણીથી ભરે; પછી તેના મોઢામાં ખૂચ મજખૂત ધાલી તેને ગળે લાંબી દોરી આંધી તે દોરી હાથમાં પકડી રાખી સીસાને જોડા પાણીમાં ફાંસો. જો તેને પૂરતા જોડાણમાં ઉતરવા દેશે તો બહારના પાણીનું દબાણ એટલું જબરે થશે કે ખૂચને સીસાની અંદર ધુસાડી દેશે, અને તમે સીસાને ઉપર ખેંચી લેશો તેવારે તેને પાણીથી ભરેલો અને ખૂચ અંદર ગયેલો જશે.

૨૪. પાણીની તારક શક્તિ.—હવે આપણે પાણીની તારક શક્તિ એટલે ઝંચકવાના બળ વિષે બરાબર વિચાર સંપાદન કરવાનો યત્ન કરીએ. એ કરવાને માટે એક બે પ્રયોગ કરીએ.

પ્રયોગ ૧૯ મો.—આપણે ૯ મી કલમમાં કાટો કહ્યો છે તે લેઈ

એ, અને તેવડે તોળી શકાય તેમ તેને ગોઠવીએ. આ મારા હાથમાં વસ્તુ છે તેને પાણી બહાર હવામાં જોખીએ. જુઓ એ એક હજાર ગ્રેન થાય છે. હવે એને જમણા પલ્લાની કડી છે તેમાં બેરવી પાણીમાં તોળીએ. કેટલું તોલ થાય છે? એમાં કાંઈએ ભાર છેજ નહિ. પાણીની બહાર એનું તોલ એક હજાર ગ્રેન હતું તેટલા ભારનાં કાટલાં જમણા હાથના છાંયડામાં મૂકીએ. એથી કાંટા સમતોલ રહે છે.

પ્રયોગ ૧૯ મો.—તો શું આપણે એમ ધારવું કે પાણીમાં એ ચીજનું વજન તદ્દન જતું રહે છે? એમ છે કે નહિ તે જાણવાને ખીજો પ્રયોગ કરીએ. પ્રથમ હું આ પાત્રમાં કેટલુંક પાણી રેડું છું, અને એ પાણી સાથે એને એક પલ્લામાં મૂકું છું, અને તેને જોખવાને સામા પલ્લામાં કાટલાં મૂકું છું. એ છાંયડાં તોળાઈ રહ્યાં છે. હવે એ વાસણના પાણીમાં આ ૧૦૦૦ ગ્રેનના ભારવાળી વસ્તુ મૂકું છું. જુઓ શું થયું? પાણીમાં તેને મૂકવાથી ભાર વધી ગયો. કાંટાને સમતોલ કરવાને સામા છાંયડામાં ૧૦૦૦ ગ્રેનનું કાટલું મૂકવું પડે છે. પાણીની બહાર એ વસ્તુનું



આકૃતિ ૧૨ મી.

વજન ઝિંટલું જ હતું; ઝિંમ તમે જી ઝિંમોછો કે તેનું વજન વાસ્ત-
વિક જતું રહ્યું ન હતું. ઝિંમો ભાર નેટલોજ છે; અર્થાત્ પાણીમાં
તેને મેલવાથી પાણીનો ભાર ૧૦૦૦ ગ્રેન વધ્યો, પરંતુ પાણી
ઉપલી મેર દબાણ કરેછે તેણે કરીને તેમાં તારક શક્તિ છે
તેવડે તે વસ્તુનો ભાર લઈ લીધો હોય ઝિંમ જણાયછે.

પ્રયોગ ૨૦ મો.—જી ઝિંમો આ પીતળનો દાંડો છે (આ. ૧૨
મી) અને તે આ પવાલામાં તળીઆ પર્યંત પૂરો બેસતો
આવેછે. જમણા હાથના પક્ષા નીચે આંકડી છે, તેમાં ભેરવી
તેને અને પવાલાને તોળીઝિંમ. કાંટો સમતોલ થયોછે. હવે ઝિં
દાંડાને વાયુમાં નહિ, પણ જળમાં તોળીઝિંમ. જમણા પક્ષાની
તળે પાણી ભરેલું વાસણ મુકી તેમાં દાંડો ઝિંટલો ઉતરે કે
તેની ટોચ ઉપર પાણી ફરી વળે. ઝિંમથી જમણા પક્ષાનો ભાર
ઝિંમોછો થઈ જવાથી ત્રાજવું ડાબી મેર નમ્યું. પાણીમાં જોખ-
વાથી પીતળના દાંડાનો ભાર ઝિંમોછો થયો છે, પણ બિલકુલ
ગયો નથી. કેટલો ભાર ઝિંમોછો થયોછે તે જાણવાને જમણા
પક્ષાની તળે ખાલી પવાલું છે તેમાં પાણી રેડીઝિંમ. છલાછલ
ભરાયું ઝિંટલે ત્રાજવાની દાંડી સમધારણ થઈ તે જોઈ લો.
પીતળના દાંડાને પાણીમાં તોળવાથી તેનું જેટલું વજન ઝિંમોછું
થયું તેટલું પવાલામાં ભરેલા પાણીઝિંમ પૂરું પાડ્યું. ઝિં દાંડો
પવાલામાં બરોબર માઈ રહેછે, માટે ઝિંમ પવાલાને પૂરું પાણીથી
ભરવાથી તેના (દાંડાના) કદ જેટલું પાણી જમણી તરફ
ઉમેર્યું અને તેથી કાંટો સમધારણ થયો. ઝિંમ ઉપરથી આપણે
જાણ્યું કે પીતળના દાંડાને પાણીમાં રાખી જોખવાથી તેના
કદની બરોબરના પાણીના ભાર જેટલોજ તેનો ભાર કમી થયો.
આને હરકોઈ ખીજી વસ્તુને લગાડી શકીઝિંમ, અને કહી
શકીઝિંમ કે હરકોઈ વસ્તુને પાણીમાં રાખી તોળતાં તેના કદની
બરોબરના પાણીના ભાર જેટલું વજન તેમાંથી ઘટશે.

૨૬. પાણીમાં મારનું ઘટવું.—ઝિંમો અર્થ શો તેની હવે તપાસ
કરીઝિંમ. ઝિંમો અર્થ ઝિંમ કે જે પદાર્થને પાણીમાં ઝાળીઝિંમ

તેના બાર સરખે કદે પાણીના બારથી વધારે હોય, (પીત-
ળના દાંડાનો હતો તેમ) તો તેના કદના જેટલા પાણીના જેટલા
બાર હોય તેટલો બાર તેમાંથી ઘટશે, પણ તે સરખે કદે પાણી-
થી બારે છે. માટે તેનો સધળો બાર જતો રહેશે નહિ. તેનામાં
એમ બાર બાકી રહેવાથી તે ડૂબી પાણીને તળીએ બેસશે.

પ્રયોગ ૨૧ મો.—પરંતુ જે વસ્તુનો બાર સરખે કદે પાણીના
બારની સમાન હોય (૧૮ મા પ્રયોગમાં દર્શાવ્યું તેમ)
તો પાણીમાં તેનું બધું વજન જતું રહેશે, અને તે ડૂબશે નહિ.
જુઓ એવી એક વસ્તુ મારી પાસે છે તેને પાણીમાં મેલુંલું.
એ પાણી ઉપર તરતીએ નથી અને પાણીમાં ડૂબતીએ નથી,
અને તેમાં જાણે બાર હોય નહિ તેમ હરકોઈ મેર ફરે છે.

સરખે કદે જે વસ્તુ પાણીથી હલકી છે તેનું શું થાય છે તે હવે
જોઈએ. તમે પૂછી શકો કે તે પોતાના બાર કરતાં વધારે બાર
કેમ ખોઈ શકે ? તો એવું હોય તે વારે શું અને તે પ્રયોગ વડે
જાણીએ.

પ્રયોગ ૨૨ મો.—આ મારી કને લાકડાનો કકડો છે. એ
સરખે કદે પાણીથી હલકો છે. હું એને પાણીમાં બનાત્કારે
ડૂબાવી છોડી દઉંલું. પણ પાણીની તારક રાક્ષિતને લીધે તેનું
ઉપલી મેરનું દબાણ એ લાકડાના બારથી વધારે હોવાથી
તે ઉપલી ગમ ધકેલાય છે, અને પાણીના ધ્રુવ ઉપર તરે છે.

આ સધળા પ્રયોગો ઉપરથી આપણે નિર્ણય કરી શકીએ
તે આ છે,—પ્રથમ, હરકોઈ પદાર્થને પાણીની અંદર બોળ્યો
હોય ત્યારે તેના કદના જેટલા પાણીના બારની સમાન તેનું
વજન ઘટે છે, અને બીજું, તે જો સરખે કદે પાણીથી બારે
હોય તો પ્રથમ કહ્યું તે કારણથી તે પાણીની અંદર ખૂડશે; પરંતુ
જો સરખે કદે તેના બાર પાણીના બારની બરાબર હશે તો તે
ડૂબશે નહિ; પણ જો સરખે કદે પાણીથી હલકો હશે તો
તે તરશે.

૨૬. સાવેશ્વર બટલ.—સરખે કદે હરકોઈ વસ્તુ પાણીથી કેટલી

વધારે ભારે છે તે કહેવાની રીત આપણે હાથ આવી છે તે હું તમને હમણા બતાવવા હચ્છું.

પ્રયોગ ૨૩ મો.—ધારે કે આપણી કને સોનાની નાની ઢાળ-કી છે તેને વામાં તોળતાં બરોબર ૧૯ ગદીઆણા (રતી, વાલ કે ગ્રેન જે લેખશું તે પણ આલશે) થાય છે—એ તેનું વજન છે. પછી તેને પાણીમાં તોળીએ છીએ તો તે માત્ર ૧૮ ગદીઆણા થાય છે. તેથી તેના ભારમાં એક ગદીઆણા ઘટ્યો જણાય છે. એ ઘટ તેના કદની સમાન કદના પાણીનું વજન છે. માટે તે વજન એક ગદીઆણા છે. તથાપિ સોનાનું વજન ૧૯ ગદીઆણા છે, તેથી તેના કદની સમાન કદના પાણીથી તે ૧૯ ગણું ભારે છે. સોનાનું વિશેષ ગુણ ૧૯ છે એ કહેવાનો અર્થ એ છે. સોનાના કકડાનું કદ ગમે એટલું હોય કે તેનો આકાર ગમે એવો હોય, તથાપિ તેને આજ લાગુ પડે છે—અર્થાત્ તેને જેબવાથી તે પાણીથી ૧૯ ગણું ભારે થવાનું. પણ કોઈ માણસ આપણા હાથમાં કાંઈ સીજ આપે તે સોના જેવી દેખાય પણ ખરું સોનું ન હોય તો તેને પાણીમાં તોળવાથી તેના કદના જેટલા પાણીથી તે ૧૯ ગણું ભારે નહિ થાય એ નિઃસંશય છે. વિશેષ ગુણ કે પદાર્થોનું સાપેક્ષ ઘટત્વ કાઢવાની રીતની શોધ, જે હજારથી વધારે વર્ષોની પૂર્વે આર્કિમેડીસ નામે વિદ્વાને કરી હતી. સયરાહુસના રાજા હિએરોએ સુવર્ણનો મૂગટ ધડાવ્યો, ત્યારે તેને શક આણવાનું કારણ મળ્યું કે સોનીએ આપેલા સુવર્ણમાંથી કેટલુંક ચોરી લઈતોલ મેળવવાને અંદર રૂપું બેળ્યું છે, પણ શક ખરાજ છે કે એટો તેનો નિશ્ચય કરવાનો કોઈ રસ્તો તેને સ્વયં નહિ, માટે આ અડચણની વેળાએ તેણે આર્કિમેડીસને બોલાવ્યો. એવી કથા છે કે એ કામ કરવાનું માથે લીધા પછી એક દિવસ તે નહાવા ગયો હતો ત્યાંથી તુર્ત કેવળ નવચ્છો બહાર નીકળી યુરેકા, યુરેકા એમ બોલેથી બોલતો પોતાના ધરબણી દોડ્યો.

“ધુરેકા” રાજ્યનો અર્થ તે મને જડ્યું એવો થાયછે*. ધેર જઈને તેણે સોનાની ઢાળકા લીધી. એમાં નવું સુવર્ણ હતું; કરો ભેગ ન હતો એ તે જાણતો હતો. તેને પાણીમાં જોખવાથી તેના બારમાં એક એગણીરાંસા ઘટ આવી. આપણે જેમ તક કર્યો તેમ તેણે એ ઉપરથી કર્યો કે સરખે કદે પાણીથી એખું સોનું એગણીસ ગણું ભારે છે. પછી તેણે રાજના મૂગટને પાણીમાં મેલ્યો તો માલુમ પડ્યું કે તેમાં એક એગણીરાંસાથી વધારે ઘટ પડી. એપરથી નિર્ણય કર્યો કે તે સાફ સોનાનો ન હતો, અને તે ઉપરથી સોનાને સોનું ચોરવાની સજા થઈતે વાજખી હતી એમાં સંદેહ નથી.

૨૭. બીજા પ્રવાહીઓની તારક શક્તિ.—પાણી ઉપરાંત ખીજન પ્રવાહીઓમાં પણ તારક શક્તિ છે. પ્રત્યેક પ્રવાહીને પોતાની ખાસ તારક શક્તિ છે. મધાર્ક કે ઈથર જેવા ઘણા હલકા પ્રવાહીને ખીજને મુકાબલે ઘણી થાડી છે; પરંતુ પારા જેવા ભારે પ્રવાહીમાં ઘણી છે. આ વિષે તમારી ખાતરી કરવાને આ વાસણમાં હું પારો રેડું છું, અને એ પારા ઉપર આ લોઢાનો કકડો મેલું છું,—જુઓ. લોહું એ ઉપર તરેછે, અને દર્શાવેછે કે સરખે કદે તે પારાથી હલકું છે. પણ સોનું પારાથી ભારે છે. વસ્તુતઃ સમાન કદે પારો પાણીથી સાડાતેર ગણો ભારે છે; પરંતુ હવણા તમે જોશું કે સોનું સમાન કદે પાણીથી એગણીસ ગણું ભારે છે.

મીઠા પાણીથી ખાંડ પાણી કાંઈક વધારે ભારે છે; અને પોલેસતાઈનમાં મૃત સમુદ્ર નામે સરોવર છે. તેનું પાણી એટલું ખાંડ છે, અને તેથી એટલું ભારે છે કે તેમાં પંડલું આદમી ઢૂખતું નથી.

* સથરાકુસ શહેરમાં ગ્રીક લોક વસતા અને રાજા હિએરો તથા પંડિત આર્ખિમેડેસ ગ્રીક હતા. એ લોકમાં હમામખાનામાં નહાવા જવાનો આલ હતો, અને એમરડો વાંશી માંહે નાગા નહાતા યુરોપમાં અદ્યાપિ એ પ્રમાણે સ્નાન કરવાનો રિવાજ છે. ભા. કર્તા.

૨૮. કેશાકર્ષણ.—પ્રવાહીઆનો વિષય છે.ડચાની અગાઉ, પાણી પોતાની સપાટીથી ઊંચ ચઢેછે તે જણાવવું જોઈએ. આ બિના પ્રખ્યાત છે.

પ્રયોગ ૨૪ માં.—આંડના ગાંગડાનો નીચલો છેડો માત્ર પાણીના પૃષ્ઠને અડકે એમ તેને પાણીની ઉપર ધરીએ તો ઝટ તે આખો પલળી જશે. બ્રાટિંગ પેપર (સાહી ચૂસનાર કાગળ) ને કે રૂની વાટને પણ તેમ ધરવાથી પાણી પોતાની સપાટીથી ઊંચ તેઓમાં ચઢશે.

પણ આંડના ગાંગડાને કે બ્રાટિંગ પેપરને તેમ પારા ઉપર ધરીએ તો પારા તે ગાંગડામાં કે કાગળમાં ઊંચા ચડશે નહિ; તે પરથી જણાયછે કે એ પ્રવાહીઆ, પાણી અને પારા, તેઓની જોડે બિન્ન રીતે વર્તેછે. પ્રથમ તો પાણી તેઓમાં ચડેછે, અને ચડેછે એટલુંજ નહિ, પણ ત્યાં તે રહેછે; પારા તો ચડતોજ નથી, અને તેઓને ભીજવતો નથી; પારા આંડમાં ચડે એટલું આકર્ષણ તે બેની વચ્ચે નથી, તથાપિ રૂપાના કે સોનાના પૃષ્ઠને પારા ચોટેછે, કારણ કે તે ધાતુઓને માટે તેનામાં આકર્ષણ છે.

ગ્યાસો (વાયુઓ) ના ગુણો.

૨૯. વાનું (હવાનું) સ્વાણ.—ગ્યાસોમાં પ્રવાહીના જેવા ધણાક ગુણો છે, તેમ એક એકથી જુદા ગુણો પણ બેઉમાં છે. પ્રવાહીને પૃષ્ઠ હોયછે, તેથી તેને સીસાને અર્ધો ભરીને તે પ્રવાહીને તે સીસાની માંહેની બાજુએ જોડે હલાવી શકશો. પરંતુ કોઈ ગ્યાસને તેમ નહિ કરી શકો. દૃષ્ટાંતને માટે મારી કને કુક્કો છે તેમાં ગ્યાસ છે, પણ તેથી તે બધો ભરાઈ ગયલો છે, તેના થોડા ભાગમાં માત્ર તે નથી. વસ્તુતઃ વાયુરૂપી પદાર્થ (ગ્યાસ) ને સકળ ખાલી જગ્યા (અવકાશ) માં ફેલાઈ જવાની તીવ્ર ઉત્કંઠા છે અને તેમ કરવાને બળથી પ્રયત્ન કરશે.

પ્રયોગ ૨૫ માં.—આ હું ઘણા સાદા પ્રયોગથી સિદ્ધ કરી શકું છું. મારી કને આ એર-પંપ (વાયુશીષક યંત્ર) છે. એનું વર્ણન

હું પછી કરીશ; હાલ તો હું તમને એ વિષે એટલું કહું છું કે આ કાચની હાંડીમાં વાતાવરણની હવા છે તેને એ યંત્ર વડે બહાર કાઢી નાંખી શકાય છે. આ રબરની દડી મહિથી પોલી હોઈ હવાથી ભરેલી છે. એને હું હાંડીની નીચે મુકું છું. હવે હું એ હાંડીને ખાલી કરું છું, અર્થાત્ એમાંના વાયુને બહાર કાઢી નાંખું છું; અને તેથી શું થયું તે જોયું? તે અંદરની દડીમાં હવા છે, પણ તેની આસપાસ નથી અને તેમણે દડાની અંદરની હવા એ ખાલી જગ્યામાં ફેલાઈ જવાનું કરે છે, પરંતુ દડાને મોટા કરવાથી માત્ર તેમ કરી શકે છે. જેમ હું વાને કાઢતો જઈ છું એટલે હાંડીને ખાલી કરતો જઈ છું તેમ દડી વધારે મોટી થતી જાય છે. હવે હું હવાને પાછી અંદર જવા દઉં છું, અને તેણે કરીને દડી પોતાનું આગલું કદ પાછું ધારણ કરે છે.

પ્રયોગ ૨૬ મો.—એ જ બાબત બીજી રીતે પ્રયોગ કરીએ. આ કાચના પાત્રના મુખ ઉપર રબરનું ઢાંકણ સજડાવેલું છે, અને તળીયું ખુલ્લું છે. એ તળીયું યંત્ર ઉપર સજડાવેલે તેમ એ પાત્રને ગોઠવું છું. હવે પહેલાની જેમ એ પાત્રમાંના વાયુને બહાર કાઢી એને ખાલી કરું છું. જેમ જેમ અંદરની હવા બહાર નીકળતી જાય છે તેમ તેમ બહારની હવા અંદરની ખાલી જગ્યામાં જવાનું કરવામાં રબરના ઢાંકણને નીચલી મેર દાખે છે અને પ્રયોગ પૂરો થયા પહેલાં એ દબાણનું બળ રબરના ઢાંકણને ફાડી નાંખી શકે તેટલું થઈ તેને કદાચ ફાડશે.



આદર્શ ૧૩ મો.

૩૦. વાનો ભાર.—એ પ્રમાણે તમે જુએ છો કે જે જગ્યા ખાલી હોય તેમાં વા બળે કરી બની શકશે તો ઘૂસશે, અને અહીં કહીએ તો હરકોઈ પાત્રમાંથી તમામ વાને કાઢી નાંખવાનું ધણું જ મુશ્કેલ છે. તો પણ તેમાંના રહેલા વાના ધણા ભાગને

બહાર કહાડી શકાયછે. ઉદાહરણને માટે ૧૪ મી આકૃતિમાં દર્શાવેલું પાત્ર એવું છે કે તેને એરપંપને જોડી શકાય, અને તેમ કરેથી તેમાંની હવાને કહાડી નાંખી શકાય. એ પાત્રને તેમાંના વાની સાથે તોળવાથી અને વા કાઢી નાંખીને તોળવાથી માલુમ પડેછે કે વામાં ભાર છે, કેમકે એંદરના વા સહિત તેનું વજન જોડેલું થાયછે તે કરતાં વા કાઢી લીધા પછી એમણું વજન થાયછે.



આકૃતિ ૧૪ મી. ઉપરના અને તેમાંના વાતાવરણના વાનું થયું.

પ્રયોગ ૨૮ મો.—આ ઉપરના એમ સમતોલ રાખી તેમાં કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસ નામે ભારે ગ્યાસને ભરીએ. એક જાતના વાને કાઢી ખીજાને તેને ડેકાણે આણવાની રીતે એમ કરી શકારો (યંત્રો વાપરવાની સ્થિતિમાં જુઓ). એ રીત રસાયનવિદ્યાની પ્રથમ પોથીની ૩૩ મી કલમમાં જણાવીછે. તમે જુઓછો કે હવે કાંટો સમધારણ ન રહેતાં ઉપરના ભણી નથોછે, અને તેપરથી દર્શાવેછે કે પાત્રમાં સાધારણ હવા ભરેલી હતી તેવારે તેનો જોડેલો ભાર હતા તેથી હવે ઉપરના ભાર વધ્યોછે, અને કેટલાક ગ્યાસો ખીજા ગ્યાસોથી વધારે ભારે છે.

પ્રયોગ ૨૯ મો.—હાઈડ્રોજન ગ્યાસ ખીજા બધા ગ્યાસોથી હલકો છે. આ ઉપરના ઊંધો એટલે તળીયું ઉપર રહે તેમ કાંટાની એક દાંડી જોડે વળગાડી સામી બાજુએ કાટલાં મૂકી જોખીએ. કાંટો સમધારણ થયાપછી તેમાં હાઈડ્રોજન ભરીએ (એક ગ્યાસને ઠામે ખીજા ગ્યાસને ભરવાની રીત પ્રમાણ કરવું). એ રીત રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીની ૧૭ મી કલમમાં કહીછે. (વળી યંત્રો વાપરવાની સ્થિતિમાં જોવી.) એમ હાઈડ્રોજન ભરેલી સામી દાંડી નમી દર્શાવશે

કે પાત્રમાં સાધારણ હવા હતી તેવારે તેનું જોડણું વજન હતું તે કરતાં હવાણુ ઝીંકું છે. પરંતુ તેમાં કાંઈ નહતું તેવારે તેના જોડણા ભાર હતો તેથી વધારે છે. એ પરથી આપણને જ્ઞાન થાય છે કે વાયુના (ગ્યાસોના) રજકણો માહોમાંહે એક બીજાને પોતાથી દૂર હડસેલતા જણાય છે, અને પોતાથી બની શકે તેટલા એક એકથી છેટે રહેવાનું કરે છે, અને જે પાત્રમાં તેઓ હોય છે તે આપ્તામાં ફેલાઈ જાય છે, તથા પિ તેઓ ઉપર પૃથ્વીનું આકર્ષણ થાય છે અને તેઓમાં ભાર છે માટે વાતાવરણ પૃથ્વીને તણ જવાનું બય નથી. એથી ઉલટું તે તો એક પ્રકારના મહાસાગરની પેઠે પૃથ્વીને વળગીને રહે છે અને એ વાયુના મહાસાગરને તળીએ આપણે વશીએ છીએ, અને હરીએ ફરીએ છીએ.

દબાણ અને ભારની બાબતમાં વાનો મહાસાગર પાણીના મહાસાગરના જેવો છે, અને તમને સાંભરતું હશે કે ૨૫ મે પાને તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે વાસણને તળીએ પાણીના દબાણનું જોર પાણીની ઊંડાઈ ઉપર આધાર રાખે છે, તેથી ઘણું ઊંડાણે દબાણ ધાણું હોય છે, અને એ દબાણ બધી દિશાઓમાં થાય છે.

તમને કહેવામાં આવે કે આપણા ઉપર હવાનું દબાણ ધાણું છે તો તમે સહજ પૂછશો કે, તો દબાણ આપણને લાગતું કેમ નથી? એને ઉત્તર દેઈએ છીએ કે તે લાગતું નથી તેનું કારણ માત્ર એ છે કે તે સઘળી દિશાઓમાં થાય છે, ઉપલી મેર, નીચલી મેર અને બાજુઓપર. કાગળનો તો લો-એ તાને નીચે દાબવાને હવા તેની ઉપલી બાજુએ બળ કરે છે, એટલું જ નહિ, પણ તેટલા જ બળથી તેને હેકલે પાસે ઉપર ધકેલવાને દબાણ કરે છે, અને એમ હોવાથી તેના ઉપર વાતાવરણિક મહાસાગરનું દબાણ હોય જ નહિ તે પ્રમાણે તે છૂટથી ગમત કરી શકે છે. અને એ જ કારણથી તમે અને હું છૂટથી હાલી ચાલી શકીએ છીએ તથા આપણને વાનું દબાણ લાગતું નથી. તોપણ વાનું દબાણ જાણી શકાય એવી તમારી આતરી એક સાદા પ્રયોગથી કરી શકવાની હું આરામ રાખું છું.

પ્રયાગ ૩૦ મો.—આ બે પોલા અર્ધ ગોળા છે. અને તેઓ
એકએકને જોડતાં પૂર્ણ બેસતા આવે છે. એઓને જોડીને
દાબીએ અને અંદર હવાને જવા આવવા દેવાના કાકને બંધ
કરીએ. તમે હવે સહજ પૂછશો કે વાના દબાણથી તેઓ એક
એકને ચોટી કેમ નથી રહેતા? કારણ એ છે કે તેઓની
અંદરના પોલમાં પણ વા છે, અને જેમ બહારનો વા તેઓને
અંદરની મેર દાબે છે તેમ અંદરનો વા તેઓને બહારની ગમ
દાબે છે. પરંતુ એ અર્ધ ગોળાને એરપંપ ઉપર બેસાડી-
એ અને અંદરના વાને કાઢી નાંખીએ, પછી સ્ટાપકાકને બંધ
કરીને એરપંપથી તેઓને છૂટા પાડીએ; હવે એ અર્ધ
ગોળાને છૂટા પાડવા તમને ઘણા કઠણ પડશે, કેમકે બહારનો
વા તેઓને એક એક જોડે ચાંપે છે, અને તે દબાણની સામું
થનાર અંદરનું દબાણ નથી તેથી કરીને તેઓ એક ખીજાને
બહુ જોરથી વળગી રહ્યા છે.

હવા પ્રવાહી (ફ્લુઈડ) છે, અને તેને વળન છે તેથી

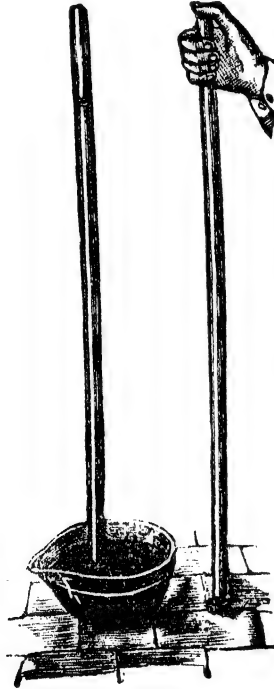


આકૃતિ ૧૫ મી.

તેનામાં કેટલીક તારણ શક્તિ છે, પરંતુ તે પાણીના જેટલી નથી,

માટે જો મોટા વાટવામાં કે મોટા કોથળામાં કોલ ગ્યાસ,
અથવા તેથી વધારે ઠીક પડવાને હાઈદ્રોજન ભરીએ તો
સરખે કદે તે હવાથી હલકો થશે અને તેમાટે તે તેમાં ઊંચ
ચડશે. એવા વાટવા કે કોથળાને બહુન કહેછે. બહુન
જો પૂરતું મોટું હોય તો તેની તળે ટાંગેલા નાના વાહનનો અને
તેમાં બેઠેલા કેટલાક આદમીઓનો ભાર પણ તે ઝીલી રાકે.

૩૧. બેરોમીટર. પ્રયોગ ૩૧ મો.—હવે આપણે આ કાચની નળી
લઈએ. એ એક છેડે ખુલ્લી છે અને બીજે છેડે બંધ છે.



આકૃતિ ૧૬. મી.

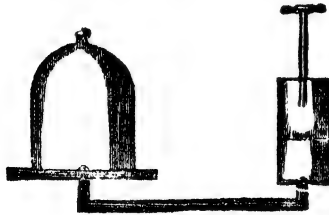
એમાં છેકટોચ સુધી પાંચ ભરીએ અને ૧૬ મી આકૃતિમાં

દેખાડ્યું છે. તેમ નળીના મુખપર અંગૂઠો એવા જોરથી ચાંપી રાખીએ કે નળીને ઊંધી વાળતાં તેમાંનો પારો બહાર નીકળી શકે નહિ. આ પાત્રમાં પારો છે. એમાં નળીને એવી રીતે મૂકીએ કે પારાના પૃથ્વી નીચે તેનું મુખ જાય અને ત્યાં લગી તેને અંગૂઠે બંધ રાખીએ. જુઓ આકૃતિમાં દેખાય છે તેમ એ નળીને વાસણમાં સીધી રાખી છે અને એનો ઉધોડો છેડો પારાના પૃથ્વી નીચે છે. શું બને છે તે હવે જુઓ. પારાવાળી ઊભી નળીની અંદર મથાળે કેટલોક ભાગ ખાલી દેખાય છે, અને તમારા મનમાં પ્રથમ એમ આવશે કે એ ભાગમાં હવા દાખલ થઈ હશે, પણ તેમ નથી. એ ખાલી અવકાશમાં ખિલકુલ કંઈ નથી. એ પછી તમને પૂછવાનું મન થશે કે વાતાવરણિક વાનું દબાણ બેરાક બધી દિશાઓમાં છે, અને તે માટે વાસણમાંના પારાના પૃથ્વી ઉપર હોવું જોઈએ, તો એ ખાલી જગ્યા પૂરાઈ જાય તેમ તે પારાને ઉપર કેમ ધકેલતું નથી ? એનો જવાબ એ છે કે તેનાથી તેમ બને તો કરે; વાસણમાંના પારાના પૃથ્વી ઉપર વા એટલા બળથી દબાણ કરે છે કે તેથી ભારે પારો નળીમાં ત્રીસ ઇંચ પર્યંત ઊંચો રહે છે; એથી વધારે તેનાથી થઈ શકતું નથી—જેમ હવાનું દબાણ પારાની ઉપર ધકેલાય છે, તેમ પારાનો ભાર નીચલી ગમ દબાણ કરે છે તેથી એકએકને પ્રતિકૂળ કરે છે, અને તેણે કરીને પારાનો સ્તંભ નીચે આવી શકતો નથી, અને વાનું દબાણ તેને ઉપર ધકેલી શકતું નથી અને તેથી એ સ્તંભની ઉપર ખાલી જગ્યા રહી છે. ઇટાલીનો ટોરીસેલી નામે વિદ્વાન આ પ્રયોગનો પ્રયોજક હતા તે પરથી એ અવકાશનું ટોરીસેલી અવકાશ નામ પડ્યું છે. નળી બેરોમીટર (ભારમાપક) કહેવામાં આવે છે. ઘણાં ખરાં બેરોમીટરોપર ઇંચના માપના આંકડા લખેલા હોય છે તેઓ વડે પાત્રમાંના પારાના પૃથ્વી પારાના સ્તંભની ટોચ કેટલી ઊંચી છે તે બરોબર માપી શકાય છે.

૩૨. બેરોમીટરના ઉપયોગો—બેરોમીટર ઘણાં કામમાં આવે છે. ઉદાહરણ, એ વડે આપણે પર્વતની ઊંચાઈ કહી શકીએ.

પાને રપ મે તમને કહેવામાં આવ્યુંછે કે પાણી ભરેલા ઊંડા પાત્રને તળીએ મથાળાથી વધારે દબાણુ છે, અને આ વાયુ સાગરમાં આપણે રહીએ છીએ તેમાં પણ તેમજ છે.—આ વાયુસાગરના મથાળાની પાસે દૂર ઊંચે જોડલું દબાણુ છે તે કરતાં તળીઆની નજીક વધારે છે. માટે જો આપણે ઊંચા પર્વતની ટોચે જઈએ તો ત્યાં નીચે તળેટી કરતાં આપણા ઉપર હવાનો ભાર ઓછો છે, અને તેને લીધે પર્વતની તળેટીથી તેને મથાળે વાનું દબાણુ ઓછું છે. તેથી પારાના મ્તંભને ખેરોમીટરની નળીમાં જોડલી ઊંચાઈએ વા તળેટીએ રાખી રાકેછે તેટલી ઊંચાઈએ મથાળે રાખી રાકતા નથી. એમ હોવાથી તેમાં પારો ત્રીસ ઇંચ ઊંચે ન રહેતાં પર્વતની ઊંચાઈ પ્રમાણે પચીસ કે કદાચ વીસ ઇંચ પર ઉતરી આવશે. વસ્તુતઃ જો તમે હવામાં ઊંચા ચઢતા જશો તેમ નળીમાં પારો નીચે ઉતરતો જશે; એમ તમે કેટલી ઊંચાઈએ ચડ્યા તે ખેરોમીટરથી કહી શકશો. પવનનું તોફાન થવાની સૂચના પણ ખેરોમીટરથી મળેછે. નળીમાં પારો નીચે ઉતરે, એટલે પારાની ટોચ નીચે પડે, અને વિશેષ કરીને ઉતાવળે પડે તેને વાવાઝોડું થવાની ચેતવણી સમજવી. જો પારાનો મ્તંભ અચળ અને ઊંચો રહે તો ચેતવું કે હવા મારી અવસ્થામાં રહેશે.

૩૩. વર્ષપ (વાયુચંપ). કાચની હાંડીમાંથી વાને કાઢી



આકૃતિ ૧૭ મી.

લેવા વિષે કહેવામાં આવ્યુંછે. એ કામ એર-પંપથી થાયછે. આ પંપ કેમ ચાલેછે તે તમે આકૃતિપરથી જોઈ શકશો.

પ્રથમ મારે તમને “વાલ્વ” શું છે તે સમજાવવું જોઈએ. ખૂબ બેસતું આવે એવું એ ઢાંકણું છે, અને એક ભણી ઉઘોડે છે-ઉદાહરણ ઉપલી ભણી. તમારામાંના ઘણાપર એ માળની દાદર પાડીએ ઉપલી મેરજ ઉઘડતી જોઈ હશે. નીચેની આકૃતિમાં ડાબે પાસે વાથી ભરેલી કાચની હાંડી પાટ ઉપર ખૂબ બેસતી આવે એમ ઊંધી મૂકેલી છે. એ હાંડીની અંદર પાટના મધ્ય ભાગે ઉઘાડા મુખની નળી છે, અને તે નળીનું ખીજું ખુલ્લું મુખ જમણી બાજુએ નળામાં છે. એ જમણી બાજુના નળામાં ઉપર નીચે આવજી કરે તેવો દાંડા-વાજો ડાટો છે.

છેલ્લે તમારે જમણા હાથ ભણીના નળામાં બે વાલ્વ છે તે જોવા. એ બે નાનાં અને મસ બેસતાં ઢાંકણાં છે. એમાંનું એક ઢાંકણું એ નળાને તળીએ નળીનું મુખ છે તે ઉપર છે, અને ખીજું ડાટામાં છે. એ બંને ઢાંકણાં ઉપલી ગમ ઉઘોડે છે, અને નીચલી ગમ નથી ઉઘડતાં.

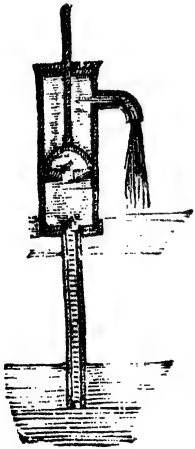
હવે ધારો કે નળાના તળીઆ લગી ડાટો નીચો ઉતરેલો છે અને બંને ઢાંકણાં બંધ છે. ડાટાને તેના દાંડાવતી ઉપર ખેંચી-એ. એમ કરવાથી ડાટાનો તળે ખાલી અવકાશ થશે અને તેને પોતાથી બની શકે તેમ, બધી તરફની હવા ભરી દેવાનું કરશે (કલમ ૨૯ મી). ઉપરની હવા તેમાં ધૂસવાનું કરશે, પણ તે અંદર જઈ શકશે નહિ, અને ડાટાની ઉપરના ઢાંકણાની ઉપલી મેર દબાણ કરશે, ખીજું કાંઈ તેનાથી થઈ શકશે નહિ. એ દબાણ-થી ઢાંકણું સજડ દેવાઈ જશે, કેમકે તે હેઠલી ગમ જઈ શકતું નથી. હાંડીમાંના વાનું ફાવશે, કેમકે તે નળાને માર્ગે ધસી આવી નીચલા ઢાંકણાને ઉપર ધકેલી ઉઘાડી શકશે, કારણ કે એ ઢાંકણું ઉપલી મેર ઉઘોડે છે. એ ઢાંકણું ઉઘાડી શૂન્ય અવકાશમાં તે આવશે. હવે ધારો કે ડાટાને આપણે નળાની ટોચ સુધી ખેંચી આણેલો છે, અને આપણે પાછો તેને નીચે ધકેલીએ છીએ. ડાટો ધકેલવાથી તેની તળેનો વા ધકેલાય છે, અને વા નીચલા

ઢાંકણુને ધકેલેછે, તેથી તે દેવાઈ જાયછે. એ વાના દબાણથી એ નીચલું ઢાંકણું તો વાસેલું રહેછે, તથાપિ ઉપલી ભેર ઉઘડતા ઢાંકણુને ધકેલીને ઉઘાડી શકેછે; અને આપણે દાટાને નીચે જેમ જેમ ધકેલતા જઈએ છીએ તેમ તેમ ડાટાની હેંની નળીમાંની હવા એ ઉપલા દ્વારની વાટે બહાર ધકેલાઈ આવેછે. પરંતુ એ રીતે જે વાને આપણે બહાર કાઢ્યો તે પ્રથમ હાંડીમાં હતા, તેથી એક વાર ડાટાને નીચે ઉતારી પાછા ઉપર ખેંચવાથી આપણે હાંડીમાંના કેટલાક વાને બહાર કાઢી શક્યા છીએ. એ ક્રિયા આપણે ચાલુ રાખીએ એટલે ડાટાને ફરીને ઉપર ખેંચીએ એટલે ઉપરનો વા ઉપલા ઢાંકણુને વાશી દેશે, અને હાંડીમાંની હવા નળીની વાટે ધસી આવી નીચલા ઢાંકણુને ઉઘાડી દાટાને જીએ ખેંચવાથી ખાલી પડેલા અવકાશને ભરી દેશે. અને ડાટો વળી પાછા નીચે ઉતરશે તેથી નીચલું ઢાંકણું દેવાઈ જશે, અને તેની ઉપરની હવા ઉપલા ઢાંકણુને ઉઘાડી બહાર નીકળશે. એમ ડાટાને દાબવાથી અને ઉપર ખેંચવાથી દરવખતે હાંડીમાંના કેટલાક વાને બહાર આણી શકીએ છીએ. એરપંપથી બરાબર કામ થવાને નળામાં ડાટો સજડ બેસતો હોવાની જરૂર છેજ; કેમકે તેમ નહિ હોય તો બહારનો વા અંદર જશે અને અંદરના વાને આપણે બહાર કાઢી નાંખી શકીશું નહિ. એર-પંપ પોતાનું કામ કયે પ્રકારે કરેછે તે મેં તમને સમજાવ્યું, પરંતુ તમારે એમ આશા રાખવી નહિ કે પ્રત્યેક એરપંપ આ આકૃતિમાં બતાવ્યો છે, તેવોજ છે, તથાપિ સઘળા એર-પંપો, દેખાવમાં એક ખીજાને મળતા ન હોવા છતાં, એજ નિયમને અનુસરીને બનાવેલા હોયછે.

૩૪. વાટર-પંપ (જળપંપ-પાણીનો ખંખો).—એરપંપ(વાયુપંપ) ની રચના મેં તમને સમજાવી. હવે આપણે ક્ષણવાર એરોમીટરને લેઈએ. તમે જોયું કે વાના દબાણથી પારાનો સ્તંભ આશરે ત્રીસ ઇંચ લાંબો જીએ રહેછે. પાણી સરખે કદે પારાથી ઘણું હલકું હોવાથી આપણે આશા રાખી શકીએ કે હવાનું દબાણ તેના વધારે લાંબા સ્તંભને જીએકી શકશે, અર્થાત્ ત્રીસ ઇંચથી વધારે

ઊંચા જળસ્તંભ રહી શકશે. વસ્તુતઃ વાના દબાણથી પાણીને લગભગ ત્રીસ ફુટનો સ્તંભ ઊંચા ઊભો રહી શકે છે.

ક્રૂવા વગેરેમાંથી પંપ ઝમટલે બંબા પાણી શી રીતે ખેંચી કાઢે છે તે તમે ઝમપરથી સમજી શકશો. હેઠળ ચિત્ર છે તે ઝમવા બંબાની અંદરની રચના દર્શાવે છે. જે જળાશયમાંથી (ક્રૂવા કે ખીજું કાંઈ જેમાંથી) પાણી કાઢવું છે તે તળીંચ્છે. તેમાં ઝમક નળનું મુખ્ય છે, અને ઝમ નળનું ખીજું મુખ્ય ઉપરના બુંગળામાં છે. ઝમ બુંગળામાં દાંડાવાળો ડાટો છે તે નીચે જાય અને ઉપર આવે ઝમવો છે, તથાપિ ઝમવો સજડ ખેસતો કરેલો છે કે તેની બાજુમાં પરથી હવા કે પાણી પ્રવેશ કરી શકે નહિ. ઝમે ડાટાને વચ્ચે ભાગે ઉપલીભર ઉઘડતું ઢાંકણું (વાલ્વ) છે, અને બુંગળાને તળીંચ્છે નળીના મુખ્ય ઉપર ઉપલી ગમ ઉઘડતું ખીજું ઢાંકણું છે. વસ્તુતઃ પાણી ખેંચવાના પંપનું બુંગળું ઝમરપંપના નળાના જેવું છે, અને ડાટો બુંગળાને તળીંચ્છે, ઝમ ધારી આરંભ કરી ઝમે. હવે તેને ઉપર ખેંચી ઝમે. ઝમે કરેથી જેમ ઝમરપંપમાં ઉપલું ઢાંકણું દેવાઈ જાય છે તેમ ડાટાની



આકૃતિ ૧૮ મી.

ઉપરના વાથી દબાઈ દેવાઈ જશે અને બંધ રહેશે. ડાટો ઉપર ચઢવાથી તેની નીચે શૂન્ય અવકાશ થશે તેમાં નીચલા ઢાંકણાને ઉઘાડી નળીમાંનો વા આવશે.

પાછા ડાટાને હેઠે દાખીશું તેવારે ઝમરપંપમાં યાય છે તેમ, નીચલું ઢાંકણું દેવાઈ જશે, અને ડાટામાંનું ઢાંકણું ઉઘડશે, અને તે વાટે કેટલીક હવા બહાર નીકળશે. વસ્તુતઃ આપણે બુંગળામાંની અને નળીમાંની હવાને કાઢી નાંખી ધી ધી ઝમે. ઝમે સમયમાં નીચે જે પાણીમાં નળી છે તે પાણી શું કરે છે? ઝમે પાણી ઉપર બહારના વાનું દબાણ યાય છે :

પરંતુ નળીમાંના વાને આપણે કાઢી નાંખીએ છીએ તેથી એ બહારના વાના દબાણને પ્રતિરોધ કરવાને નળીમાં વા નથી; બહારના દબાણને સામું થનાર બળ ન રહેવાથી તે પાણીને ઉપર નળીમાં ધકેલશે, અને તેમાંની બધી હવા નીકળી જશે ત્યારે એ આખી નળી પાણીથી ભરાશે. પછી એ પાણી નીચલા ઢાંકણને માર્ગે ભુંગળામાં ચડશે.

પરંતુ જળાશય અને નીચલા ઢાંકણની વચ્ચે ત્રીસ ફુટથી વધારે અંતર હશે તો એ પ્રમાણે થશે નહિ. કેમકે હવણ તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે વાનું દબાણ ત્રીસ ફુટ જળ-સ્તંભને ઊભો ટેકવી રાખશે, પણ ત્રીસ ફુટથી તે સ્તંભ વધારે ઊંચો હશે તો તેનાથી ટેકવી શકાશે નહિ. માટે પંપનું ભુંગણું અને પાણી એ બેની વચ્ચે ત્રીસ ફુટથી વધારે છેદું હશે તો તે પાણી ભુંગળામાં પેસશે નહિ, અને તમારાથી થઈ શકે તે કરી તથાપિ પંપથી પાણી ભુંગળા સુધી ચઢશે નહિ. પરંતુ એ અંતર છવીસ કે સત્તાવીસ ફુટથી વધારે નહિ હશે તો પંપ ઠીક ચાલશે અને ભુંગળામાં પાણી આવશે. હવે ધારો કે ભુંગણું પાણીથી ભરાયું છે, અને તમે ડાટાને નીચે દાખો છો. ડાટાને દાખવાથી તેની તળેના પાણીને તે દબાણ લાગશે અને પાણીનું દબાણ હેઠલા ઢાંકણને લાગવાથી તે દેવાઈ જશે. એજ વખતે પાણીનું દબાણ ઉપલી ગમ પણ થાય છે, તેથી ઉપરનું ઢાંકણું (ઉપલી મેર ખુલે છે તે) ઉઘડે છે અને તેથી ડાટાની ઉપર પાણી ચડે છે. તમે ફરીને ડાટાને ઉપર ખેંચો તો તેની જોડે એ પાણી ઉપર આવશે અને પંપના નાળામાંથી બહાર નીકળશે, અને પછી ડાટાને નીચે દાખી ઉપર ખેંચતાં દરેક વેળા પાણી આવ્યાં કરશે.

પ્રયોગ ૩૨ નો.—સાધારણ પંપની અંદર શું બને છે તે તમારી નજરે જોઈ શકવાને માટે કાચના ભુંગળાવાળો નમૂનાનો પંપ લો. તમે તેમાં જોશો કે જ્યારે આપણે ડાટાને ઊંચે ખેંચીએ છીએ ત્યારે ઉપલું ઢાંકણું દેવાય છે અને હેઠલું ઉઘડે છે, અને ડાટા નીચે ઉતરે છે ત્યારે હેઠલું ઢાંકણું દેવાય છે

અને ઉપલું ઢાંકણું ઉઘડેછે. તમારે પૂરું સમજવું કે પંપની અંદરનો ડાટો ભુંગળામાં મજબૂત બેસતો હોયો જોઈએ, કેમકે તેમ નહિ હોય તો ઉપરની હવા અંદર જશે અને ક્રિયાને થતી અટકાવશે. જો પંપ ઘણો વાપરવામાં ન હોય તો વખતે એમ બનેછે કે ડાટાની આસપાસનું આમડું કે જો ખીજું હોય તે સ્ક્રાઈ જાયછે, અને તેથી પંપ ચાલતો નથી. એમ થાય ત્યારે ડાટા ઉપર થોડું પાણી છાંટવાથી તેની ઉપર જો વિંટાળેલું હશે તે પલજશે અને પંપ ચાલશે.

૩૬. સાયફોન.—આ વિષયને છોડ્યાની પૂર્વે હું સાયફોન નામિ યંત્રનું વર્ણન કરું છું. પંપની પેઠે એ યંત્રની ક્રિયા વાના દબાણ ઉપર આધાર રાખેછે. તોપણ હું એના નિયમનો ખુ-



આકૃતિ ૧૯ મી.

લાસો કરીશ નહિ. ઉપલી આકૃતિમાં સાયફોન છે; જ્યો સપાટીએ મૂકેલા પાત્રમાંથી નીચી સપાટી પરના વાસણમાં પ્રવાહી લેઈ જવાના કામમાં તેને વાપરવામાં આવેછે. પહેલાં તમારે સાયફોનની નળીને ચતી કરવી, અને પાણીથી છલા-છલ ભરવી; ભરતી વેળા એના નાના હાથાના મુખને આંગળી

વડે બંધ રાખ્યું. પછી ચિત્રમાં છે તેમ એ નાના હાથાને જમી સપાટી ઉપરના વાસણમાં પાણીના પૃષ્ઠની નીચે મૂકવો, અને આંગળી ખસેડી લેવી. એમ તમે કરશો એટલે નળીના લાંબા હાથાને છેડેથી નીચલા વાસણમાં પાણી વિના અટકે વહું જશે. જો ટુંકો હાથો ઉપલા વાસણને તળીએ પહોંચે એટલો લાંબો હશે તો એ સાધન વડે તેમાંનું સઘળું પાણી નીચલા વાસણમાં આણી શકશો.

ચલત્ પદાર્થો.

૩૬. શક્તિ.—તમને (૧ લે પાને) વસ્તુઓના વિકાર કે ભાવ કે વૃત્તિઓ વિષે કહેવામાં આવ્યું હતું, અને તોપનો ગોળો ગતિમાં હોય તે સ્થિર ગોળાથી કે તપેલો ગોળો ટાઢા ગોળાથી કેવો ભિન્ન છે તે કહેવામાં આવ્યું હતું; અને એમ પણ તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે ભૌતિક વસ્તુના એ ભિન્ન ભિન્ન ભાવો કે વૃત્તિઓ વિષે કાંઈક જ્ઞાન વાંચનારને થાય એ પ્રથમ-પુસ્તકના હેતુઓમાંનો એક મુખ્ય હેતુ છે. એ વિષયથી આરંભ થઈ શકે તેમ નહતું, કેમકે પ્રથમ તમને એ વસ્તુઓ વિષે કહેવાની ગરજ હતી, અને હવે તમને ધન, પ્રવાહી, અને વાયુ રૂપી વસ્તુઓનું સાધારણ જ્ઞાન ઠીક પ્રાપ્ત થયેલું હોયું જોઈએ; માટે વસ્તુઓના ભિન્ન ભિન્ન ભાવ કે વૃત્તિઓનું કાંઈક જ્ઞાન હવે તમારે મેળવવું જોઈએ. તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે પદાર્થો કોઈવાર શક્તિમય કે ઉત્સાહી હોય છે, ઉદાહરણ, તોપનો ગોળો ગતિમાં હોય છે ત્યારે, અને કોઈવાર શક્તિહીન કે ઉદાસીન હોય છે, ઉદાહરણ તોપનો ગોળો સ્થિર હોય છે તેવારે, અને આગળ જો કહેવામાં આવશે તેમાં શક્તિમય પદાર્થોનાં એવાં ઉદાહરણો લેઈશું કે તેઓ ધણાંજ સ્પષ્ટ નજરે દેખાઈ શકે. જ્યારે પદાર્થ વાસ્તવિક ગતિમાં હોય છે, કે ઉતાવળે ધ્રુજતો હોય છે, કે તપેલો હોય છે, કે વિદ્યુત્તમય હોય છે, ત્યારે તે શક્તિમય હોય છે, અને તે માટે શક્તિ પદાર્થોના એ ચાર પ્રકારના વર્ગ કરીશું. પહેલાં તો વાસ્તવિક

ગતિમાં હોનારા પદાર્થી સંબંધી કહેવામાં આવશે, અને એ મથાળાનીએ એવા પદાર્થીની કૃતિ શી રીતે થાયછે તેનો કાંઈક બાધ તમને મળશે. પછી ધ્રુજતા પદાર્થ વિષે કહેવામાં આવશે, ઉદાહરણ પડધમ કે ઘંટ વાગેછે તે વારે તે ધ્રુજેછે, અને એ મથાળા હેઠે સાદ કે અવાજ સંબંધી જણાવવામાં આવશે; ત્યાર કેડે તપેલા પદાર્થી વિષે કહેવામાં આવશે અને તેના પેટામાં પ્રકાશ અને ઉજ્જ્વળતા (ગરમી) ની બાબત આવશે; અને છેલ્લે વિદ્યુન્મયપદાર્થી સંબંધી જ્ઞાન આપવામાં આવશે તે વારે વિદ્યુત નામિ ગહન વસ્તુ વિષે કહેવામાં આવશે. આ નાની પ્રથમ પોથીમાં પદાર્થીના ભિન્ન ભિન્ન ભાવિનું, કે કોઈ કોઈ વાર તેઓમાં અનેક પ્રકારની શક્તિઓ હોયછે તેઓનું સંપૂર્ણ વર્ણન અમે કરી શકીશું નહિ. તમારું જ્ઞાન વધશે ત્યારે મોટા ગ્રંથોમાં તે તમે વાંચશો; આમાં તો એ વિષયનું માત્ર સ્થૂળ વર્ણન કરવામાં આવશે, અને તેની જોડે તમને જણાવવામાં આવેછે કે એ બહુ મોટી અગત્યનો છે.

૩૭. કામની વ્યાખ્યા.—જ્યારે કોઈ માણસ શક્તિમાન કે બળવાન કહેવાયછે ત્યારે એમ કહેવાનો અર્થ એ છે કે તેનામાં કામ કરવાની શક્તિ છે; અને જ્યારે કોઈ વસ્તુ શક્તિમય કહેવાયછે ત્યારે તેનો અર્થ પણ એ કે તેનામાં કામ કરવાની શક્તિ છે. વસ્તુતઃ હરકોઈ વસ્તુની શક્તિનું માપ, તે શક્તિ વપરાઈ રહ્યા પહેલાં, તે કેટલું કામ કરી શકેછે તે ઉપરથી કરવામાં આવેછે. જો આપણે એક પૌંડને (એક શેરને) એક ફુટ જગ્યા ચડાવીએ તો આપણે કેટલુંક કામ કરીએ, અને જો તેને બે ફુટ જગ્યા ચડાવીએ તો તેથી બમણું કામ કરીએ, ત્રણ ફુટ જગ્યા લઈએ તો તેથી ત્રમણું કરીએ, ઇત્યાદિ. માટે જો એક પૌંડ ભારને એક ફુટ જગ્યા કરવાના કામને એક કહીએ તો, તેને ત્રણ ફુટ જગ્યા કરવાના કામને ત્રણ કહીએ.

વળી એક પૌંડને જોડલી જગ્યાએ ચડાવીએ તેટલી જ જગ્યાએ બે પૌંડને ચડાવવાથી બમણું કામ થયું, માટે

એ પાઉંડને ત્રણ કુટ ઊંચે ચડાવવાથી છ થયા. વસ્તુતઃ જોડલા પાઉંડને જોડલા કુટ ઊંચે ચડાવવામાં આવે તેટલા પાઉંડની સંખ્યાને તેટલા કુટની સંખ્યાએ ગુણવાથી ગુણાકાર આવે તેટલું કામ થયું.

ધારો કે એક તોપને બની ગોઠવીએ, એવી કે તેનું મુખ ઊંચે આકાશ ભણી રહેલું છે અને તેમાંથી ૧૦૦ પાઉંડનો ગોળા છોડ્યો તે એટલા વેગથી ઊંચે ગયો કે પાછો ફરતા પહેલાં ૧૦૦૦ કુટ ગયો; ન્યારે એને છોડ્યો તે વખતે તેનામાં કેટલી શક્તિ હતી તે એ ઉપરથી આપણે કહી શકીએ. તેનામાં ૧૦૦ પાઉંડ ભારને (અર્થાત્ પોતાને) ૧૦૦૦ કુટ ઊંચે લેઈ જવાની શક્તિ હતી; અને તેથી તેની કામ કરવાની શક્તિ ૧૦૦×૧૦૦૦ એટલે ૧,૦૦,૦૦૦ બરોબર હતી. જો એ તોપમાં આપણે વધારે દારૂ ભરીએ તો ગોળા વધારે વેગથી બહાર નીકળશે. ધારો કે તે હવે પાછો ફર્યાની પૂર્વે ૧૫૦૦ કુટ ઊંચે જઈ શકે; તેથી તેનામાં $૧૦૦ \times ૧૫૦૦ = ૧,૫૦,૦૦૦$ જેટલી કામ કરવાની શક્તિ છે. વસ્તુતઃ તમે જુઓ છો કે જેમ વધારે વેગથી કે ઝડપથી ગોળાને છોડવામાં આવશે તેમ તે વધારે ઊંચે જશે, વધારે કામ કરશે, અને તેમણે તેનામાં વધારે શક્તિ હશે.

૩૮. ગતિવાળા પદાર્થથી થતું કામ.—આ બાબતનો ખુલાસો અહીં હું લંબાણથી કરી શકતો નથી, પણ તમને એટલું કહું કે કોઈ પદાર્થને એવડા વેગે ઉપર છોડવાથી તે બમણો ઊંચે નહિ ચડતાં ચાર ગણો ઊંચે ચડશે-ત્રણ ગણો વેગે નીકળેલા ત્રણ ગણો નહિ પણ ત્રણવાર ત્રણ ગણો એટલે નવ ગણો ઊંચે જશે-અને આગળ એ પ્રમાણે.

માટે એ પરથી તમે જોશો કે એવડા વેગવાળા તોપનો ગોળા ચાર ગણું કામ કરશે. તોપનો ગોળા હવાથી જોડેલો ઊંચે ચડવાને શક્તિમાન હોય તે ઉપરથી તેની કામ કરવાની શક્તિનું માપ જેમ કરી શકાય છે, તેમ ખીજી રીતોથી એ

કરી રાકાય છે. એકએકની પાછળ મૂકેલાં લાકડાનાં પાટીઆંપર તેને છોડી રાકાય, અને તેમ કરવાથી માલમ પડશે કે બેવડા વેગથી છેડેલો ગોળો લગભગ ચાર ગણાં પાટીઆંને આરપાર વીંધી રાકશે, ત્રણ ગણા વેગથી છૂટેલો ગોળો લગભગ નવ પાટીઆંને વીંધી જશે, ઇત્યાદિ. એક વેગથી જેટલું નારાકારક કાર્ય થાય તેથી ચોગણું નારાકારક કાર્ય બમણા વેગવાળા ગોળાથી થાય, અને ખીજી હરકોઈ રીતે તેની શક્તિને માપીએ તોએ એક વેગથી જેટલી શક્તિ તેનામાં હશે તેથી બમણા વેગે ચાર ગણી હોવાની.

૩૧. નિવૃત્તિમાં પદાર્થની શક્તિ.—ધણી ઉતાવળી ગતિમાં હોનાર પદાર્થમાં બહુ કામ કરવાની શક્તિ છે. એ સહેલથી સમજી રાકાય તેવું છે, પરંતુ એ સિવાય આપણે સ્થિર હોઈએ છઈએ ત્યારે ધણીકવાર આપણામાં શક્તિ હોયછે. ઉદાહરણ, વિશાંતિમાં હોનાર માણસ જ્યારે કામ કરવા માંડેછે ત્યારે ધણું કામ કરી શકેછે. ધારો કે સમાન બળવાળા બે આદમીએ માંહોમાંહે વઢેછે, દરેકની સોડે પથરાનો ઢગલો છે તેમાંથી પથરા લેઈ એકખીન્નની ઉપર ફેકેછે, ફેર એટલો છે કે એક પોતાના પથરાના ઢગલા સહિત ધરને મથાળે છે, અને ખીજો પોતાના ઢગલા સાથે ધરને તળીએ છે. એ બેમાંનું કોણ જીતશે તે તમને પૂછવાની ગરજ નથી; તમે તુરત ઉત્તર દેશો કે ધરને મથાળે છે તે જીતશે. તેની સરસાઈ શામાં રહેલી છે? તે તેના સામાવાળીઆથી વધારે બળવાન નથી કે વધારે ઉત્સાહી નથી.—તેની સરસાઈ તેના પથરામાં છે; એ સ્પષ્ટ છે કે તેના પથરાનો ઢગલો ઊંચે છે તેમાં તેની સરસાઈ છે. નીચેના માણસથી તેના પંડમાં વધારે શક્તિ નથી, તથાપિ હેઠળના માણસના ઢગલાના પથરા કરતાં તેના ઢગલાના પથરામાં વધારે શક્તિ છે, અને એપરથી તમે જુએછો કે ઊંચી જગાએ હોવાથી પથરામાં શક્તિ રહેલીછે; વસ્તુતઃ તેએ કામ કરવાને શક્તિમાન છે, પછી તે કોઈ આદમીને મારી પાડવાનું નિરૂપણી

કામ હોય કે કોઈ સ્તંભને અંદર ધકેલવાનું ધાણું ઉપયોગી કામ હોય. વળી આપણે જો જળચક્ષીઓનું ઉદાહરણ લઈએ—એકની નજીક અને તેનાથી ઊંચી સપાટીએ તળાવ છે; બીજી ચક્ષીની પાસે તળાવ છે, તે તેનાથી નીચી સપાટીએ છે. એ બેમાંની કઈ ઘંટીનું કામ જળશક્તિથી ચાલી શકશે? તમે તુરત કહેશો કે જેનું તળાવ ઊંચી સપાટીએ છે તેનું, કેમકે પાણીનો પ્રવાહ કે ધોધ પડાને ચલાવશે. મોટે તમે જુઓ છો કે ઊંચાઈએ આવેલા તળાવવડે ધાણું કામ કરી શકાય. ઊંચે રહેલા પાણીને ઇંગ્રેજોમાં હેડ ઓવ વાટર કહે છે. દળવું, વહેરવું, વગેરે અરેઅર વાસ્તવિક કામ એથી થઈ શકે છે. નીચાણમાં હોનાર તળાવથી કાંઈ કામ થઈ શકતું નથી.

હવે જળચક્ષી અને પવનચક્ષીને સરખાવી જોઈએ. ઊંચાણમાં હોનાર પાણીથી ચાલનારી અને પવનથી ચાલનારી મિલોમાં શો ભેદ છે તે જોઈએ. તોપના ગોળાની ગતિ જેટલી શીઘ્ર છે તેટલી પવનની નથી તોપણ તે બેમાં મળતાપણું છે, કેમકે તેની શક્તિ અરેઅર ગામિન પદાર્થની છે; વસ્તુતઃ તે પવનચક્ષીના સહોપર ધસે છે અને તેઓને ચક્રડી ફેરવે છે; જોરથી વા વાતો હોય છે તે વેળા આપણે પીછું કે પરાજના તરણાને ઊંચે ઉછાળીએ છીએ તો તેને પવન ધસડી જાય છે. પવનચક્ષીથી જળચક્ષી એક વાતે સરસ છે, કારણ કે પવનચક્ષીને પવનની વાટ જોવી પડે છે, પરંતુ જળચક્ષીને તેમ કરવું પડતું નથી. જો પાણી મસ ઊંચાણમાં હોય તો જોઈએ તે વખતે પાણીને આવવા દેઈ શકીએ છીએ અને અટકાવી શકીએ છીએ. એ શક્તિના બેડાળને રાખી મૂકી શકીએ છીએ અને મરજીમાં આવે તેવારે તેમાંથી લેઈ શકીએ છીએ. વસ્તુતઃ ગામિન પદાર્થની શક્તિ અર્થ કરતી વેળાએ આપણી પાસેના રોકડ નાણાના જેવી છે, પરંતુ ઊંચાણમાંના પાણીની, કે હરકોઈ ઊંચે રહેલા પદાર્થની શક્તિ બેકમાં (સાહુદારની પેઢીમાં) જમા રાખેલા નાણાના જેવી છે, જ્યારે જોઈએ ત્યારે તેમાંથી લેઈ શકીએ છીએ.

ધ્રુજતા પદાર્થો.

૪૦. નાદ.—જે પદાર્થ પોતાનું સ્થળ બદલેછે તે તે ગતિમાં છે. જ, નથાપિ પ્રત્યેક ગામિન પદાર્થ પોતાની તમામ જગ્યા બદલેછે. એમ એ ઉપરથી સમજવું નહિ; ઘણી ઉતાવળે ફરતો ભમરેડો ગતિમાં છે, પણ તે પોતાની તમામ જગ્યા બદલતો નથી.

પ્રયોગ ૩૩ મો.—અહીં આ તારનો એક છેડો નીચે લાકડા-માં ખોસેલો છે; આ ખીજ છેડાને ટકોરો મારીએ છીએ ત્યારે એ એક તરફથી ખીજ તરફ ઝડપથી આવજી કરેછે, પણ આખો તાર પોતાનું સ્થળ બદલતો નથી. જ્યારે તારના રજ-ફણ એક ભણીથી ખીજ ભણી આવજી કરેછે ત્યારે તે ધ્રુજતી (આંદોલન કેડોલતી) અવસ્થામાં છે એમ કહેવાય છે. તેમજ ઘંટ કે પડધમને વગાડીએ છીએ ત્યારે ઘંટ કે પડધમના રજ-ફણો ધ્રુજતી અવસ્થામાં હોયછે, કિંવા તારના વાદિત્રો (તંત્ર-રો વગેરે) ના તારને એવીને મૂકી દેઈએ છીએ તેવારે તે-ઓના તાર ધ્રુજતી સ્થિતિમાં હોયછે.

સ્થલાન્તર કરનાર ગતિની પેઠે ધ્રુજતી ગતિમાં પણ શક્તિ છે, અને વાસ્તવિક જોતાં ધ્રુજતા પદાર્થના રજ-ફણ એક ગમથી ખીજ ગમ અપળતાથી ગતિ કરેછે; તેઓને અટકાવવાનો યત્ન કરેશો તો તેઓનો ઝપાટો તમને લાગશે. તેઓના માર્ગમાં કોઈ વસ્તુ હશે તો તેઓના ઉપર પ્રહાર કરશે—વાતાવરણિક હવા તેઓના માર્ગમાં છે, અને તેથી તેઓ તેના પર પ્રહાર કરે-



આદિત ૨૦ મી.

છે. દરેક વખતે આ ધ્રુજતા તારની ટોચ પાછી આવેછે ત્યારે તે દિશામાં વાપર ધાત કરેછે. વસ્તુતઃ ધ્રુજતો પદાર્થ થોડા વખતમાં તેને લગતી હવાને ઘણી વાર નાના ટકોરા મારેછે. એ ટકોરા તે હવા શાંતપણે ખમી ન રહેતાં પોતાની પાસેની હવા જોડે અથડાયછે, અને તે તેની પાસેનીને અથડાય છે. એમ ધ્રુજતા પદાર્થનું પાસેના વા જોડે અથડાવું આગળ

આલી ધણે દૂર લગી જાયછે. અને તે અથડામણ તમારા કે મારા કાનને વાગેછે. આપણને ઢોળી પાડે તેવા પ્રકારનું એ અથડાવું નથી મોટે આપણે તેને અથડામણ કે ધક્કો ન કહેતાં નાદ કે અવાજ કહીએ છીએ. આપણા કાનને નાદ કે અવાજ લાગ્યો કહીએ છીએ. વસ્તુતઃ આપણે નાદ કે અવાજ સાંભળીએ છીએ.

૪૧. શોર અને સુસ્વરમાં ફેર શો?—જે પદાર્થ વા જોડે અથડાય તેના ધાતનો ક્રમ જે અનિયમિત હોય તો, ઉદાહરણ તોપના ગોળાના ધાતના જેવા હોય તો, વા તે પ્રમાણે તેઓને આપણા કાનપર આણેછે, અને આપણે નાદ (કે અવાજ) સાંભળ્યો કહીએ છીએ. પરંતુ જે પદાર્થ વા જોડે અથડાયછે તે ધ્રુજતો હોય અને એક સેકંડમાં નિયમિત અંતરે પુષ્કળ નાના ધાત કરેછે, અને વા તેઓને તે પ્રમાણે આપણા કાનમાં આણેછે, અર્થાત એક સેકંડમાં તે બધા ધાતને નિયમિત અંતરે આણેછે. અને ત્યારે આપણે સુસ્વર સાંભળ્યો કહીએ છીએ. એમ સુસ્વરમાં અને નાદમાં નિયમિત અને અનિયમિત અંતરનો ભેદ છે. વળી જે ધ્રુજતો પદાર્થ હવાને અથડાયછે તે એક સેકંડમાં મુકાબલે થોડા ધાત કરે તો આપણાથી જોડો નીચેા સુર મેળવાય; જે ધ્રુજતો પદાર્થ ઘણી ત્વરાથી ધ્રુજે અને એક સેકંડમાં ઘણા ધાત કરે તો તે સઘળાને વા તેટલા વખતમાં આપણા કાનપર કરે અને આપણે તીણો જોડો સુર સાંભળીશું. એપરથી તમે જોશો કે જોડો નીચેા સુર એટલે ધાતની નાની સંખ્યાનું એક સેકંડમાં આપણા કાનપર વાગવું અને તીણો જોડો સુર એટલે ધાતની મોટી સંખ્યાનું તેટલાજ સમયમાં આપણા કાનપર વાગવું. એક સેકંડમાં ૨૦,૦૦૦ ધાત થવાથી ઘણી તીણી સુર ઉત્પન્ન થશે, અને તેટલાજ વખતમાં ૫૦ ધાત થવાથી ઘણી નીચેા સુર ઉત્પન્ન થશે.

૪૨. નાદ કામ કરી શકે.—વાદિત્રનો રવર સુખ્યકર છે, શોર અપ્રિય છે, તથા જે તે ઘણા ઉગ્ર હોય તો કાનને પીડા કરેછે અને વખતે બહોરા પાણુ કરેછે. ઉદાહરણ, મોટી તોપ છોડા-

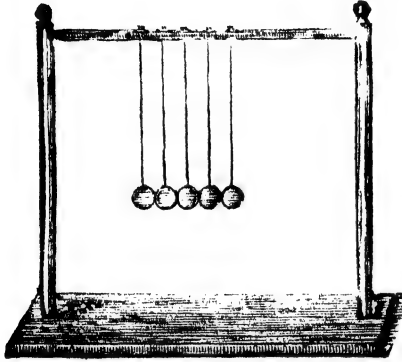
વાથી કાનપર ઘાત થાયછે તે કોઈવાર સાંભળવાની શક્તિને નાશ કરી રહેછે; અથવા તે બડાકો કાચની તક્તીને વાગવાથી તેનું અથડામણુ ઝેરલું જાણે છે. શકે કે કાચને ભાંગી નાંખી શકે, અને કોઈ વખતે આસપાસનાં ઘરોની કાચની ખારીઓ ફૂટી જાયછે,—દા.રેનો બેડાર (દા.રેનો મોટા જથ્થા) સળગી ઊઠવાથી ઝેરમ બનેછે. ઝેરમ તમે જુઝ્યાછો કે ઘણા મોટા નાદ (બડાકા) માં શક્તિ છે, અને તે કામ કરી રહેછે—વિશેષે કરીને નાશકારક કામ કરી રહેછે.

૪૩. નાદને લેઈ જવાને વા જોડણ. પ્રયોગ ૩૪ મો.—જે જગ્યામાં વા નથી તેમાં આપણે ઘંટ વગાડીએ. ઝેરપંપ ઉપર કાચનું પાત્ર છે તેમાં વા નથી. વા ન હોવાથી ઘંટના ગતિમાં આવેલા રજકણોને કોઈ પર ઘાત કરવાનું બની શકશે નહિ, અને તેથી આપણા કાનપર અવાજ આવશે નહિ. વસ્તુતઃ વગાડવા મોટેલા ઘંટ કે ખીજ હરકોઈ ધ્રુજતા પદાર્થમાં કેટલીક શક્તિ છે, અને તેમાંના કાંઈ ભાગ તે વાને આપેછે, તથા ઝેરમ પોતાને મજેલી શક્તિમાંના કેટલોક ભાગ વા આપણા કાનને દેછે. પણ વા (ઝેરલે હવા) ન હોય તો ધ્રુજતા પદાર્થની શક્તિને આપણા કાન ઉપર લાવનાર વસ્તુ નથી.

૪૪. તેની વામાં ગતિ કરવાની રીત.—જે નાદ ધ્રુજતા પદાર્થોમાંથી વામાં આપેછે, અને વા જેને ઘણું દૂર લેઈ જાયછે તે નાદ વિષે જરા વિચાર કરીએ.

પ્રથમ ધ્યાનમાં લેવાનું એ છે કે એક કે બે મૈલ ઉપર તોપ જ્યાં છૂટેછે ત્યાંની હવાના રજકણો તોપની પાસેથી આપણા કાન સુધી આપ્યા આવેછે એવું ધારણા નહિ. તોપની નજીકતા વાના રજકણો તેઓની સમીપના રજકણોપર ઘાત કરીને અટકેછે, જે રજકણોને એ ઘાત લાગ્યા તેઓ પોતાની પાસેનાને ઘાત કરીને અટકેછે, અને આપણા કાનપર આવતા લગી ઝેરમ થાયછે. જે અરેખે બનેછે તે નીચેના પ્રયોગથી સ્પષ્ટ સમજશે.

પ્રયોગ ૩૧ મો.—કેટલાક સ્થિતિસ્થાપક ગુણવાળા ગોળા લઈ તેઓને નીચેની આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એકઠે એકઠે



આકૃતિ ૨૧ મી.

અડકે તેમ દોરી વતે લટકાવીએ. હવે છેડા પરના એકઠે એક બાજુએ એંચીને છોડી દેઈએ કે તેની ટોચ તેની પાસેના લાગે. શું બનશે? પહેલા ગોળા ખીજ ઉપર ઘાત કરી તદ્દન સ્થિર રહેશે. ખીજે ઝટ તે ઘાત ત્રીજા પર કરી પોતે સ્થિર રહેશે; ત્રીજે પણ તેમ કરશે. એમ એંતે તે ઘાત છેલ્લાને લાગશે, અને તે છેલ્લો હોવાથી એ ઘાતથી તેનામાં ગતિ આવશે. પહેલા ગોળાને તોપની પાસેના રજકણો ગણીએ અને છેલ્લા ગોળાને આપણા કાનની નજીકના રજકણો ગણીએ તો તોપની પાસેના રજકણો પર થયેલો ઘાત આપણા કાનપર્યંત આણવાને તે રજકણોને જરૂર ન પડતાં કેમ રીતે તેઓ મોકલી શકે તે સમજી શકાય*. છોકરાઓ લખોટ (મંત્ર) રમે છે તે રમતમાં એક લખોટો ખીજ લખો-

*મૂળ ઇંગ્રેજી પુસ્તકમાં કોકેટ એલનું ખીજું ઉદાહરણ લખ્યું છે, પણ તે એલ આ દેશમાં જણાયેલો નથી તેથી તે ઉદાહરણ મૂકી દીધું છે. એમાં એક ગોળાને ગતિ આપવાથી તે પોતે ન ચાલતાં તેની પાસેનાને ચલાવે છે. ભા° ૬૦.

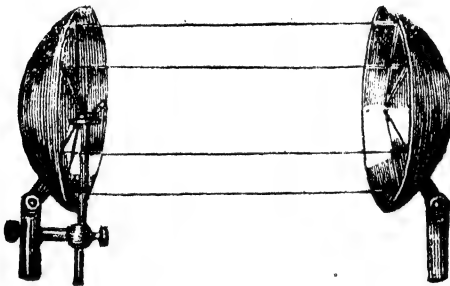
ગાને ગતિ આપી પોતે અટકેછે, ખીજે ત્રીજાને આપી પોતે અટકેછે, ઇત્યાદિ. એમ વાના રજકણુ કરેછે.

૪૫. તેની ગતિના વેગ. - વળી, ધક્કો કે ધાત જેને આપણે નાદ કે અવાજ કહીએ છીએ તેને તોપથી આપણા કાન સુધી આવવાને વખત જોઈએ. એશક તે ઘણી ઝડપથી ચાલેછે, બંદૂકની ગોળીની ત્વરાથી ગતિ કરેછે, પણ તોપથી નીકળી તત્કાળ આપણા કાનને લાગતો નથી. જેમણે તોપને ઘણું અંતરે છોડેલી જોઈ હશે તેમણે પ્રથમ ઝમકારો અને ધૂમાડો જોયેલા અને થોડા સેકંડ પછી અવાજ સંભળાયો હશે. તોપથી તમારા કાનલગી અવાજને આવવાને વખત લાગ્યા તે એ થોડા સેકંડ છે. જે ક્ષણે તોપ છૂટી તેજ ક્ષણે ઝમકારો દેખાયો, અને તે દેખાવાના સમયથી કાને નાદ સંભળાયો ત્યાંસુધી ગણતાં જેટલા સેકંડ થાય તેટલા તેને ચાલતા લાગ્યા. ધારો કે તમારાથી તોપ ૧૧,૦૦૦ ફુટ દૂર છે, અને ઝમકારો દેખાયો અને અવાજ સંભળાયો તેની વચ્ચે તમે દશ સેકંડ ગણ્યા તો તે ઉપરથી તમે અનુમાન કરોછો કે અવાજ દશ સેકંડમાં હવામાં અગીઆર હજાર ફુટ ચાલેછે, અથવા દર સેકંડે અગીઆરસે ફુટ ચાલેછે એ દર સત્યની ઘણી પાસે છે.

પરંતુ વા કરતાં પાણીમાં નાદની ગતિ વધારે ઉતાવળી છે, અને જીનીવાના સરોવરમાં પ્રયોગ કરવાથી જણાયું છે કે હવા કરતાં પાણીમાં નાદની ગતિનો વગ લગભગ ચાર ગણો છે, એટલે વા કરતાં પાણીમાં નાદ આશરે ચાર ગણી ત્વરાથી ગતિ કરેછે. લાકડામાં અને લોહામાં તેની ગતિ એથીએ વધારે ઉતાવળી છે. વા કરતાં લાકડામાં ૧૦ થી ૧૬ ગણી ઝડપથી ચાલેછે. એક સેકંડમાં એથી વધારે માઈલ તે લાકડાના સોટામાં ચાલેછે.

૪૬. પડવા. - ધારો કે હું ચોમર ખડકોથી ઘેરાયેલી ખીણના મધ્ય ભાગે ઊભો છું અને ત્યાંથી બંદૂક છોડું છું - એ અવાજ

કે ધક્કો અડકોપર્યંત ફેલાઈ તેઓની સાથે અથ ડાહ ત્યાંજ અટકશે નહિ, કાંઈ વધારે બનશે. અડકો જોડે અથડાયા પછી નાદથી આગળ જવાશે નહિ એમ કહેવાય છે. આવી રીતે, અને અ-
હિં તો જે માર્ગે તે ગયો તેજ માર્ગે એક સેકન્ડમાં ૧૧૦૦ ફૂટને વેગે હમેશા ચાલે છે તે વેગે, પાછા આવશે. તથા એમ બું બનશે કે થોડા સેકન્ડમાં જાણે બીજી બેટ્રીક છૂટી હોય તેમ અડકોથી પાછા આવેલા અવાજ હું સાંભળીશ. એમને પડધો કે ધ્વનિ કહે છે. એમ તમે જાણ્યું કે નાદ કે ધક્કો તેની ગતિ અટકાવનાર જોડે અથડાઈ પાછા આવે છે તે પડધો છે, પરંતુ જે દિશામાં તે જાય છે તેજ દિશામાં તે હમેશા પાછા આવતો નથી; જે પ્રકારના પૃથ્વિ ઉપર તે અથડાય તે ઉપર તેના પાછા આવવાના માર્ગનો આધાર છે. નીચેની આકૃતિમાં એ સંબંધીનો પ્રયોગ



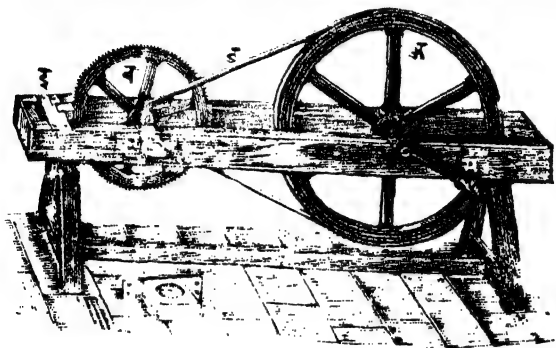
આકૃતિ ૨૨ મી

જવાબનો જોવા જોગ છે. નાદને પરાવર્તન પમાડે એવાં એ મોટાં પોલાં તાંસળાં એકએકથી ફેટલેક અંતરે રાખો, અને તેમાંના એકનું જે સ્થળે ફાકસ છે એટલે તેનું કેંદ્ર છે તે સ્થળે ગજવામાં રાખવાનું ઘડીઆળ (વાચ) રાખી સામેના તાંસ-
લાના ફાકસમાં તમારો કાન રાખો. ઘડીઆળ છેક કાનની પાસે હોય છે ત્યારે જેટલું તેનું ટીક ટીક થયું સંભળાય છે તેટલું ઘણું સ્પષ્ટ એ સ્થળેથી સંભળાશે. એનું કારણ એ છે કે ઘડીઆ-
ળના ઘાત હવાને લાગે છે. ડાબી બેરની વાડકીમાં ઘડીઆળ

છે તેથી તે પરાવર્તન પમાડનારને વાગેછે અને ત્યાંથી પરા-
વર્તન પામી ખીજ પરાવર્તન પમાડનારની દિશાએ ભણી
આવેછે અને ત્યાંથી પરાવર્તન પામી તમારા કાનમાં આવેછે.
એ સઘળું આકૃતિમાં દેખાડ્યું છે. અવાજના આ ગુણને
લીધે પ્રયોગ મઝાનો થાયછે, તથાપિ તે કામકાજમાં વાપરતે
અડચણ કરનાર માલુમ પડ્યો છે; ઉદાહરણ સિસિલીમાં
ગ્રેન્ટી નામે નગરમાં મોટું ખ્રીસ્ત દેવળ છે તેના પશ્ચિમ
ભણીના આરણ આગળ કાનમાં છેક પાસે રહી બહુ હળવું
બોલેલું ઊંચી વેદીની પાછળના ખૂણામાં સંભળાયછે અને એવી
વાત ચાલેછે કે તે આરણની પાસે પાપ માનવાનું સ્થળ કરવા-
માં આવ્યું હતું. પાપનું માનવું માત્ર ત્યાં બેઠેલા ગુરના સંભ-
ળવામાં આવવું જોઈએ, પણ ઉપર કહેલા નાદના ગુણ કરીને
વેદીના પાછળના ખૂણામાં હોનાર માણસથી પણ તે ગુપ્ત વાત
સંભળાતી હતી. અંતે એ બિના જાણવામાં આવ્યાથી પાપ
માનવાની જગા બદલી. એક ભાગમાં બહુજ હળવે બોલેલું
ખીજ દૂરના ભાગમાં સંભળાય એવી જગાએ બનાવવામાં
ત્યાં જ અનેછે તે અવાજના પરાવર્તન પામવાનો ગુણ દર્શા-
વેછે. ઉદાહરણ, લંડનમાં સંત પાઉલના દેવળના ધુમટની
અંદર એક પાસે બહુ હળવે બોલેલું મસ છેટે બાજુએ
સંભળાયછે.

૪૭. એક સેકંડમાં કેટલીવાર વાતું ધ્રુજવું ચવાયી હરકોઈ સુર
થાયછે તે જાણવાની રીત.—મેં તમને પાછળ કહ્યું છે કે ન્યારે
કોઈ ધ્રુજતો પદાર્થ એક સેકંડમાં હવાપર થોડા ધાત કરેછે ત્યારે
નીચે ઊંડો સુર ઉત્પન્ન થાયછે, અને એક સેકંડમાં તે ઘણા
ધાત કરેછે ત્યારે તાણે ઊંચો સુર ઉત્પન્ન થાયછે; મોટે સુરના
નીચાપણાનો અને ઊંચાપણાનો આધાર સેકંડમાં હવા ઉપર
થતા ધાતની સંખ્યા ઉપર છે. એક સેકંડમાં કેટલા ધાતથી
અમુક સુર ઉત્પન્ન થાયછે તે પ્રયોગથી જાણી શકાયછે,
અને હું આશા રાખુંછું કે એ શી રીતે થાયછે તે નીચેની આ-
કૃતિ વડે તમને સમજાવી શકીશ.

એ આકૃતિમાં જમણા હાથ ભણી મોટું અ ચક્ર (પૈડું) છે. તેને ફેરવવાને હાથો છે. એ ચક્રના પરિઘ ઉપર મજબૂત તંગ પટો છે તે બીજા બ ચક્રની ધરીપર ભેરવેલો છે. એથી એમ બનેછે કે એ પટા વડે અ ચક્રનો એક આંટો થતાં બ ચક્રની ધરી ઘણા આંટા ફરેછે, અને પોતાની ધરીની જોડે બ ચક્ર પણ ફરેછે—બ ચક્ર બહુ ઝડપથી ફરવી શકાયછે.



આકૃતિ ૨૩ મી.

વળી તમારા જોવામાં આવેછે કે બ ચક્રને ફરતા પુષ્કળ ઝીણા દાંતા છે. એ દાંતાને લાગેલી એક દોરી ઇ આગળ છે તેથી પ્રત્યેક દાંતા ત્યાં થઈને જતાં તેને વાગેછે, અને દરેક દાંતા એમ ધ્રાત ફરેછે કે અવાજ સંભળાય છે, કેમકે દાંતા દોરીને વાગેછે. એટલે દોરી હવાને વાગેછે. જો બ ચક્રને સો દાંતા હોય તો બ ચક્ર જોટલા કાળમાં એક આંટો ફરે તેટલા કાળમાં સો ધ્રાત થાય. એક સેકન્ડમાં બ ચક્ર એક આંટો ફરે તો તેટલા વખતમાં વાડુપર ૧૦૦ ધ્રાત થાય અને તે માટે એક સેકન્ડમાં ૧૦૦ નાદ આપણા કાનપર વાગે; તેમાંના એક એકને જ્યુદ્ધ પાડી શકીશું નહિ, પરંતુ આપણે એકઠો થઈ ગયેલો, ઊંડો કે બુઝો બીચો સુર હોય તેવો સાંભળીશું. હવે હાથાને ઉતાવળે ફેરવ્યાથી બ ચક્રને એક સેકન્ડમાં ૧૦૦ આંટા કરાવી શકાય, એમાંના દરેક આંટામાં તે દોરી જોડે ૧૦૦ વાર અથડાશે;

એમ અને તેવારે એક સેકન્ડમાં દોરી ઉપર ૧૦૦ વાર મો કે ૧૦,૦૦૦ વાર ધ્રાત થાય. એ દશ હજાર ધ્રાત આપણા કાનને એક સેકન્ડમાં દશ હજાર વાર વાગશે અને આપણે એકડો થયેલો ચાલતો તીણો ઊંચો સુર સાંભળીશું.

કોઈ અમુક સુર ઉત્પન્ન થવાને એક સેકન્ડમાં કેટલા ધ્રાત થશે તે જાણવું હોય તો આ પ્રમાણે કરો. જે સુરનું માપ કાઢવું હોય તે સુર દોરીથી નીકળે ત્યાંજગી હાથાને વધારે અને વધારે ઝડપથી ફેરવો; અને જોઈએ તેટલી ત્વરાથી ચક્ર ફેરવાયે તેટલી ત્વરાથી હાથાને કેટલાક વખત લગી, કોણે કે એક મિનિટ પર્વત કે વધારે વાર, ફેરવ્યાં કરો.

એ ચક્રની જોડે એક ચંદા છે. એ ચંદાનો આકાર વિરતારી ચિત્રના નીચલા ભાગમાં દર્શાવ્યો છે. તમે હાથાને ફેરવવા માંડ્યા પછી દોરી ઉપર કેટલા ધ્રાત થયા તે એ ચંદા ઉપર નોંધાય છે. ખરો સુર (માગેલો સુર) ઉત્પન્ન કરવાને જ્યારે તમે પોંડે એક સરખી રીતે હાથાને ફેરવો ત્યારે ખીજા આદમીને ચંદાના કાંટાની સ્થિતિ આરંભમાં ક્યાં હતા અને એક મિનિટને અંતે ક્યાં છે તે જોવાને પાસે રાખજો. ધારો કે તેને એ ચંદાપરથી જાણાય કે એક મિનિટમાં દોરી ઉપર સાઠ હજાર ધ્રાત થયા, એટલે એક સેકન્ડમાં એક હજાર ધ્રાત થયા, અને તે ઉપરથી તમે અનુમાન કરીશો કે વાયુપર પ્રત્યેક સેકન્ડમાં એક હજાર ધ્રાત થવાથી ધારેલો સુર ઉત્પન્ન થાય છે.

ડાળ થયેલા એટલે તપેલા પદાર્થો.

૪૮. ડાળતાની પ્રકૃતિ.—તમારા જાણવામાં આવ્યું કે વાસ્તવિક ગતિમાં હોનાર પદાર્થમાં શક્તિ છે, એમ કહી શકાય, અને તેજ પ્રમાણે ધ્રુજતા પદાર્થ વિષે પણ કહી શકાય. વળી તમે જોયું કે ધ્રુજતો પદાર્થ ધ્રુજવાને લીધે એક સ્થળેથી ખીજે સ્થળે જતો નથી, પરંતુ તે આખો એક જગ્યાએ રહે છે, અને તેના રજકણો ધ્રુજે છે, અર્થાત્ આગળ જાય છે અને પાછા આવે છે.

હવે તમારે તપેલા પદાર્થો વિષે વિચાર કરવાનો છે. પ્રથમ
 એ પ્રશ્ન પૂછાય કે ઉબ્બુતા (ગરમી કે તાપ) એ શું છે ?
 એનો ઉત્તર દેવામાં ધારો કે એક લોઢાનો ગોળો અગ્નિમાં
 મૂક્યો છે, અને ઘોળો થાય એટલા તપે તેવારે ધારો કે તેને
 અગ્નિમાંથી કાઢી લેઈ ત્રાજવાના એક પલ્લામાં મૂક્યો, તેને
 સમતાલ કાટલાં સામા પલ્લામાં મૂક્યાં, અને તેને તાલો પડવા
 દીધો. હવે જો ઉબ્બુતા કોઈ વસ્તુમાં હોય અને તે ગોળામાં
 પેહી હોય તો ગોળો તાલો પડતો જાય તેમ તે વધારે હલકો
 થતો જવો જોઈએ એમ એમ આપણે ધારીએ. તથાપિ આ
 પ્રયોગ જો ઠીકઠીક કરવામાં આવે તો માલુમ પડશે કે ગોળો
 ટાલો પડતો જાય છે તેમ વજનમાં એછા થતો નથી, અને તે
 માટે ગરમી ગમે તેટલી હોય પણ તે ગોળામાં હોવાથી ગોળો
 એક રતીએ વધારે ભારે થતો નથી.

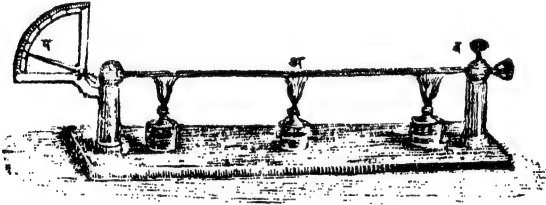
હવે ધારો કે હું નાજુક કાંટાના (એટલે જ્યાં એક રતી જેટલા
 ભારની વધઘટ તુરત જણાય છે તેવા કાંટાના) એક પલ્લામાં
 બેસું છું અને સામા પલ્લામાં મને તોળે એટલાં કાટલાં મૂક્યાં છે.
 ત્યાર પછી મારા કાનમાં કેટલુંક પાણી મૂકવામાં આવે છે. હું
 પ્રથમ હતા તે કરતાં હવે કાનમાં પાણી મૂક્યા પછી વધારે ભારે
 થયોજ. પરંતુ ધારો કે મારા કાનમાં અવાજ પેસે છે. શું એ
 અવાજ મને વધારે ભારે કરશે? ના, જરાએ નહિ. જેને કાન-
 નો પડદો કહીએ છીએ તે ઉપર તે ઘાત કરશે અને તેથી તે
 પડદો ધ્રુજશે અને હું અવાજ સાંભળીશ, તથાપિ અવાજ મારા
 કાનમાં પેઠાથી હું જરાએ વધારે ભારે થઈશ નહિ. વસ્તુતઃ પાણી
 કાનમાં પેસે છે તે પદાર્થ પેસે છે અને તેથી હું વધારે ભારે થાઉં છું,
 પરંતુ અવાજ કાનમાં પેસે છે તે તો એક પ્રકારની ધ્રુજતી ગતિ
 પેસે છે અને તે મને વધારે ભારે કરતો નથી. તો એજ પ્રકારનું
 કાંઈ તપેલા પદાર્થોમાં બનતું નહિ હોય? ઉબ્બુતાના પ્રવેશનો
 અર્થ કોઈ જાતની ધ્રુજવનાર કે રજકણોને આગળ ખસેડનાર
 અને પાછા હઠાવનાર ગતિનો પ્રવેશ એવો ન થઈ શકે? એ
 ગતિ પદાર્થના ભારમાં કાંઈ ઉમેરો કરતી નથી.

કોઈ પ્રકારની ધ્રુજવનાર ગતિજ ઉબચતા છે. એવું ધારવાને સખળ કારણ છે, માટે જ્યારે કોઈ પદાર્થ ગરમ થાય છે ત્યારે તેના પ્રત્યેક અતિ લઘુ રજકણ આગળ પાછળ જવા આવવાની કે ચક્રર ચક્રર ફરવાની ગતિમાં હોય છે. પણ એ રજકણો એટલા બધા સૂક્ષ્મ છે અને તેમની ગતિ એટલી બધી ઉતાવળી છે કે જે વાસ્તવિક થાય છે તે જોવાને આપણી આંખોને સાધન નથી.

તમે પૂછશો કે જો તપેલા પદાર્થના રજકણો એવી ઉતાવળી ગતિવાળી સ્થિતિમાં છે તો તેમાંથી નાદ કેમ નીકળતો નથી ? કોઈ પદાર્થ સાધારણ ધ્રુજનમાં હોય છે તે વારે આસપાસના હવાને જેમ નાનાં ધાત કયાં જાય છે તેમ તપેલા પદાર્થ શા માટે કરતો નથી ? એનો જવાબ એ છે કે તપેલા પદાર્થ તેની આસપાસ જે છે તેના પર એવા ધાત કરે છે; પરંતુ એ ધાત એવા છે કે તેઓ કાન પર અસર કરતા નથી. તથાપિ તેઓ આંખ ઉપર અસર કરે છે, અને તેથી અજવાળું (પ્રકાશ) દેખી-એ છીએ. એમ ઘંટ જેવા નાદ કરતા પદાર્થમાં અને તપાને ઘોળા થયેલા ગોળામાં કેટલું બધું મળતાપાતું છે તે તમે જાણો. અને પદાર્થોના રજકણો ઉતાવળી ગતિવાળી અવસ્થામાં છે; ઘંટના રજકણો ઘંટની આસપાસના વાયુ ઉપર ધાત કરે છે, અને વાયુ તેઓને આપણા કાન પર આણે છે; તપેલા ગોળાના રજકણો ગોળાની આસપાસના પદાર્થ ઉપર ધાત કરે છે અને તે પદાર્થ તેઓને આપણી આંખ પર લાવે છે. આ દરેક વિષયમાં બે ભાગ છે; ધ્રુજતા પદાર્થોમાં પ્રથમ આપણે તે પદાર્થોનું જ્ઞાન મેળવવાને લક્ષ લગાડવું પડે છે, કેટલી ત્વરણી તેઓ ધ્રુજે છે, કેટલી રીતે તેઓ ધ્રુજે છે, ક્યાંથી, અને ખીજું જાણવાનું એ છે કે તેઓથી અવાજ થાય છે, તે હવામાં કેટલા વેગથી ચલન કરે છે; તેમ તપેલા પદાર્થો વિષે પ્રથમ આપણે તે પદાર્થોનું જ્ઞાન મેળવવા પર ધ્યાન આપવું પડે છે, અને ખીજું જાણવાનું એ છે કે તેઓમાંથી પ્રકાશ અને ઉબચતા નીકળે છે તેઓ વચમાંના પદાર્થમાં કેટલે વેગે ચાલે છે.

૪૯. પદાર્થો તપેછે ત્યારે વિસ્તાર પામેછે.—આરે કોઈ પદાર્થને ઊંતો કરવામાં આવેછે ત્યારે તે વિસ્તાર પામેછે, કોઈકજ વાર નથી પામતા; વિસ્તાર પામેછે તેનો અર્થ એ કે સઘળી મેર મોટા થાયછે. આ સાબીત કરવાને આપણે કોઈ ધન, કોઈ પ્રવાહી અને કોઈ વાયુરૂપી પદાર્થને ગરમ કરીએ.

પ્રયોગ ૩૬ મો.—ધાતુનો લાંબો સળીએ લેઈએ (૨૪ મી આકૃતિ જુએ). તેને એક છેડે જ આગળ સ્ક્રૂ(પેચવાળા પીલા) થી સખ્ત અટકાવેલાછે. પરંતુ તેના બીજા છેડાને વિસ્તાર પામવાને અટકાવ નથી, અને તે વિસ્તાર પામતાં જ કાંટાને દાખરો અને તેથી તે કાંટો જાંચા ચડશે; મોટે જો એ સળીએ ગમે એટલો થોડો વધશે તોએ તે વધવું સહેલથી જોઈ શકાશે, કેમકે તેથી કાંટો પોતાની જગા બદલશે અને ઉપલી મેર ચડશે.



આકૃતિ ૨૪ મી.

હવે એ સળીઆ નીચે બે ત્રણ દીવા ચૂકીએ અને તેને તપાવીએ. એમ કરવાથી જાણારો કે સળીએ વિસ્તાર પામેછે, અને કાંટાને દાખરે તેથી કાંટો જાંચા ચડેછે. દીવા લેઈ લેવાથી સળીએ ટાઢો પડશે, અને થોડા મિનિટમાં કાંટો પાછો તેના પ્રથમના સ્થળે ઉતરશે.

પ્રયોગ ૩૭ મો.—આ કાચનો પોલો ગોળો છે. અને તેમાં ઝીણી બુંગળો છે. એ ગોળામાં પાણી ભરેલુંછે. ગોળાને તાપ લગાડીએ. તે તપવાથી પાણી તેમાંની ઝીણી બુંગળીમાં ચડશે. ગરમ થવાથી ગોળો અને પાણી બંને વિસ્તાર પામેછે, પણ ગોળા કરતાં પાણી વધારે વિસ્તાર પામેછે તેણે કરીને તે બુંગળીમાં ઉપર

ચોરે; તે ચ્મેટલા બળથી વિસ્તાર પામીછે કે તેને જવાને ચ્મે
પાલી બુંગળી ન હોય તો તે ગોળાને ફાડી નાંખે.

પ્રયોગ ૩૮ માં.—પીળે પ્રયોગ કરીચ્મે. ચ્મેક ફુફ્કો લેઈચ્મે.
ચ્મેના બે તૃતીયાંશ ભાગ વાથી ભરેલાછે. ચ્મેને દેવતા ઉપર
મુઝી ગરમ કરો. બળે નહિ માટે ચ્મામ તેમ ફેરવતા રહેવું. થાડા
વખતમાં ચ્મેદરની હવા વિસ્તાર પામી ફુફ્કો પૂરે ભરેલા દેખાશે.

૫૦. થર્મામીટર (ઉષ્ણતામાપક).—ચ્મા બધા પ્રયોગોપરથી
તમારા જોવામાં આવેછે કે ઉષ્ણતાનું વલણ વસ્તુચ્માને ફૂલા-
વવાનું (વિસ્તાર પમાડવાનું) છે. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ રૂપી
સર્વ ચ્માઓપર તેની ચ્મે અમર થાયછે. કાચની પોલી ગોળીમાં
પારો ભરેલાછે અને તે ગોળીની ઉપલી મેર ઝીણી કાચની બુંગ-
ળી છે (આકૃતિ ૨૫મી). ચ્મે પારાને ઉષ્ણતા લગાડવાથી શું થા-
યછે તે જોઈચ્મે. તાપથી પાણીની પેઠે ફૂલી ઉપર ઝીણી બુંગળી
છે તેમાં તે ચ્મેદરો. વારતવિક જોતાં બે વસ્તુચ્મા વિસ્તાર પામી.
પ્રથમતો કાચની ગોળી ફૂલેછે માટે તે ટાઢી હોય તે વારે અને
ગરમીથી ફૂલે ત્યારે તેને સંપૂર્ણ રીતે માપો તો તે તપ્મા પછી
સહજ મોટી માલુમ પડશે. પરંતુ જોલો પારો ફૂલેછે તેટલી ચ્મે
ગોળી ફૂલતી નથી. તેથી તે ગોળાને જોડેલી નળીમાં જ્યાં પ્રથમ
પારો હોતા ત્યાંજ તે રહેતા નથી તેને વધારે જગ્યા જોઈચ્મેછે,
અને તે જગ્યાતેને નળીમાં ઉપર ચડવાથી મળેછે. ચ્મે ઘણી
ઝીણી હોવાથી પારાતા થાડા ફૂલવાથી તે મસજીયા ચોડેછે અને
તેથી તે ચડવું આપણી નજરે સહેલથી પડી શકેછે. વસ્તુતઃ
તમારા હાથની ગરમીથીચ્મે પારો બુંગળીમાં ઉતાવળે જીયા
ચડશે અને શીતળ વા તે ઉપર ફૂકવાથી તે નીચે ઉતરી જશે.
માટે કોઈ વસ્તુ પીછ કોઈ વસ્તુથી વધારે ઊનીછે કે ચ્માછી
તે જાણવાને વાસ્તે આ પ્રકારનું ચ્માજર ઘણું કામનું છે.
અને સ્પર્શથી (અડકવાથી) જાણી શકાય તે કરતાં ચ્મેથી
મહુ વધારે ખર્ચ જ્ઞાન મળેછે. ઉદાહરણને અર્થે ધારો કે પાણીના
વામાણમાં આવા ચ્મેક ચ્માજરને તેની નીચલી ગોળી પાણીમાં

રહે તેમ મુકી ત્યાં થાડીવાર રાખ્યું. એમ કરેથી પારાનું મથાળું નળીમાં ફેરા દેકાણું ગિયર રહેશે. જો દેકાણું તે અટકી રહે તે બરાબર ધારીને જોઈએ અને ત્યાં નિરાતી કરીએ હવે પારાની મીસીને તે વાસણમાંથી કાઢી લેઈએ પ્રમાણે (એટલે ગોળી પાણીમાં રહે તેમ) બીજા પાણીવાળા વાસણમાં મેલી થાડી વાર રાખીએ. જો એ પાણી પેલા પાણીથી વધારે ઊંનું હશે તો આપણે કરેલા નિરાતીથી પારો ઊંચા જશે. અર્થાત પારાના સ્તંભનો છેડો ઊંચા હશે; તથાપિ પહેલા પાણી કરતાં બીજું પાણી ઘડું હશે તો આપણે કરેલા નિરાતીથી પારો નીચે ઉતરશે; એમ નળીમાં પારાની ઊંચાઈ જોવાથી આપણે તુરત કહી શકીએ કે પહેલા વાસણના પાણીથી બીજા વાસણનું પાણી વધારે ઊંનું હતું કે વધારે ઘડું હતું.

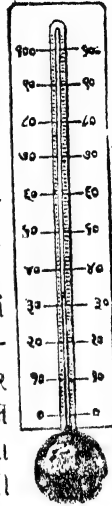
આવા એાજારને ઇંગ્રેજીમાં **થર્મોમીટર** કહેછે. એનો અર્થ ઉષ્ણતા (ગરમી કે તાપ) માપનાર છે. થર્મોમીટર થી રીતે બનેછે તે હવે હું તમને કહુંછું.

૫૧. તેઓને કેમ બનાવ્યાં.—થર્મોમીટર બનાવવાને ગ્લાસબ્લો-અરનાં એાજાર અને કાચની નળી જોઈએ. એ નળીની અંદરનું પોલ બહુ સૂક્ષ્મ હોવું જોઈએ અને તે એક છેડે હવામાં ઉઘાડું જોઈએ. બીજે છેડે ગ્લાસબ્લોઅર વડે તેમાં પોલી ગોળી કરવી. એ ગોળીને દીવાની ન્યોત ઉપર તપાવવી; એમ કરવાથી તેમાંના વા કુલરો (જેમ કુકામાં જુલો હોતો તેમ) : પણ તેની નળીનો બીજો છેડો ખુલ્લો હોવાથી જુલેલી હવા તે વાટે બહાર નીકળી જશે. પછી તે હવાને શીતળ થવાનો વખત મળે ત્યાર પહેલાં તે ઝીણી બુંગળીના ખુલ્લા છેડાને પારો ભરેલા વાસણમાં પારાના ધૂજની નીચે ઉતરે તેમ બોળાયાદ રાખવું કે ગોળામાં પહેલાં કરતાં હવે એાછા વાછે, કેમકે ગરમી લાગવાથી તેમાંના ફેટલોક જતો રહ્યો છે. તેમાં રહેલા વા ઈંડો થાયછે તેમ સંકોચાઈ તેનું કદ નાનું થાયછે, તેમાં

થયેલી ખાલી પડેલી જગામાં પારાને બહારનું વાતાવરણ ધકેલેછે. જેમ (કલમ ૩૪ મી) વાટરપંચમાં પાણીને તે ધકેલેછે. તેમ જ્યે ગોળીમાં તે પારાને ધકેલેછે. મોટે પારામાંના થોડા ભાગ ગોળીમાં હડસેલાશે. જ્યેમ જ્યે ગોળીમાં થોડા પારા દાખલ થયા પછી જ્યે પારા સહિત ગોળીને અને તેની નળીને સર્વને દીવાની જ્યેાત પર જ્યુજ તપાવવાં. પારા ઝટ ઉકળવા માંડશે, અને તેની વરાળ થશે તે હવાને બુંગળીમાંથી હડસેલી કાઢશે. અને ગોળી અને બુંગળી અને પારાની વરાળથી ભરાઈ જશે. જ્યેમ થાય જ્યેમટલે બુંગળીના ઉઘાડા છેડાને પારા ભરેલા વાસણમાં ફરીને ઓળવો. હવે ગોળીમાં અને બુંગળીમાં વા નહોતાં માત્ર પારાની વરાળ છે. જ્યે વરાળ ટાઢી પડશે ત્યારે સંકેતચાશે અને અવકાશ (વાક્યુઅમ, ખાલી પોલ) બનશે. જ્યેમ થતાં વારને જે પારામાં જ્યે જ્યોત્તરને મુકેલું છે તે ઉપલા વાતાવરણના દખાણુને લીધે, ગોળી અને નળી ભરાતાં સ્વધી તેજ્યોમાં પેસશે. જ્યેમ ગોળી અને બુંગળી પારાથી ભરાય કે તે ટાઢો પડે તે પહેલાં જ્યુજા છેડાના કાચને ગોળી તેવડે તેને બંધ કરી લેવો, કે તેમાં વા પેશી રહે નહિ. થર્મોમીટર કરવાની આ ક્રિયા પૂરી થઈ.

જ્યે થર્મોમીટર જોઈ જ્યે તેવું શીતળ થાય ત્યારે ભાંગીને બ્રોકો કરેલા ને જ્યોગળવા માંડેલા અરફથી ભરેલી પેટીમાં તેને ઓસવું. અરફ બહુ ટાઢું હોવાથી પારા બુંગળીમાં નીચે ઉતરેછે; (તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે ગોળીને શીતળ પદાર્થમાં મુકવાથી બુંગળીમાંના પારા નીચે ઉતરેછે.) પારા ઉતરી રહી બુંગળીમાં જ્યાં અટકે ત્યાં કાનસવતી આંકો કરવો; જ્યારે જ્યારે જ્યોગળનારા અરફમાં કે તેટલી શીતળતાવાળા હરકોઈ પદાર્થમાં થર્મોમીટરને મુકવામાં આવશે ત્યારે નળીમાં પારાના સ્તંભની ટોચ તેડેકાણે સદા રહેશે. જ્યે કર્યા પછી ગોળી અને બુંગળી સુદ્ધાંત થર્મોમીટરને ઉકળતા પાણીમાં ઓળા, અને જ્યાં પારાના સ્તંભની ટોચ નળીમાં હોય ત્યાં પ્રથમની પેઠે આંકો કરો. જ્યે સ્તંભ ઘણું જિયો ચડેલો હોવાનો, કેમકે ગરમ

પાણીને લીધે પારો ફૂલેલો હોવાનો. થર્મોમીટરની ઝીણી નળી ઉપર હવે એ આંકા થયા—એક એમોગળતા બરફમાં મુકવાથી પારાના સ્તંભની ટોચ જે સ્થળે હતી તે સ્થળ દેખાડનાર, અને ગોળી અને ભૂગળીને ઉકળતા પાણીમાં ઘોળવાથી જ્યાં તે પારાની ટોચ હતી તે સ્થળ દર્શાવનાર. હવે પછી તમારા જાણવામાં આવશે કે ઉકળતા પાણીની ઉષ્ણતા સદા સરખી હોતી નથી, પણ હાલ તો આપણે એવું માનીએ કે ઉકળતા પાણીમાં સદા સમાન ગરમી હોયછે.



પાણી ઠરી બરફ થાય તે વેળા જે ઉષ્ણતા તેમાં હોયછે તે દેખાડનાર સ્થળે તથા પાણી જે ઉષ્ણતાએ ઉકળેછે તે દર્શાવનાર સ્થળે થર્મોમીટર પર નિશાનીએ કાનસે વતી ખોતર્યા પછી એટલે બિંદુ એની વચ્ચેના આપ્યા અંતરના એકસો સમાન ભાગ કરવા. એ કરવાને આખી ભૂગળી ઉપર મીણનો લેપ કરવો અને તે લેપ ઉપર આદિતરખ મા. સોયની અણી વડે સરખા સો ભાગ ખોતરવા. ત્યાર પછી હાઇડ્રોસ્કોપિક આસિદના દ્રવણમાં એ આખી નળીને ઘોળવી એ આસિદથી મીણ ઉપર કાંઈ અસર થશે નહિ, પરંતુ સોયની અણીએ જ્યાં જ્યાં મીણને ખસેડીને કાચને ખુલ્લો કર્યોછે ત્યાં ત્યાં કાચ પર અસર થશે એ દ્રવણમાંથી નળીને બહાર કહાડીશું ત્યારે માલુમ પડશે કે સોયની અણીએ જ્યાં જ્યાં લીટીએ કરી હતી ત્યાંનો કાચ કેટલોક અવાઈ જઈ ત્યાં લીટીએ ખોતરાયલી જણાશે. વસ્તુતઃ એ લીટીએ માપની લીટીએ થઈ. પાણી થી જી જવાના બિંદુ (નિશાની) થી જોયે ચડતાં પાણી ઉકળવાના બિંદુ લગી આવી પહોંચાયછે. પ્રત્યેક ડગલું કે પગથીયું (એટલે આંકો) ઉપર ચડીએ તે તેની નીચેનાથી વધારે ઉષ્ણતા દર્શાવે છે, અને તેનાથી ઉપરના કરતાં વધારે શીતળતા જણાવેછે.

છેલ્લે આપણે છેક નીચેના પગથીઆને (આંકાને) ૦ અંશ કહીએ અને છેક ઉપલા પગથીઆને (આંકાને) ૧૦૦ અંશ કહીએ. વળી શૂન્યથી દશમે આંકે દશનો આંક મૂકીએ, ત્યાર પછીના દશમે પગથીઆ વીસનો આંક મૂકીએ અને તેમ નેવું સૂધી કરીએ એટલે આપણું થર્મોમીટર પૂર્ણ બની રહ્યું.

આવા માપને સેન્ટીગ્રેડ એટલે સૂતથી સો અંશના માપવાળું થર્મોમીટર કહેછે; અને બીજા માપવાળા કરતાં એ વધારે સાર્થકાળું હોવાથી આપણે હમેશા એને વાપરીશું.

કોઈ વસ્તુમાં એટલી ગરમી હોય કે તેમાં થર્મોમીટરને મૂકવાથી પારે ૧૦ કે ૨૦ કે ૩૦ અંશ પર્યંત એટલે આપણે કહીએ છીએ કે તેનું ઉષ્ણતામાન ૧૦, ૨૦, કે ૩૦ અંશ છે. એથી એમણે કે વધારે હોય તે એમણે કે વધારે કહીએ. એમણતા બરફનું ઉષ્ણમાન ૦ અંશ (જેન અંશ ટુંકામાં ૦° એમ લખાયછે) સેન્ટીગ્રેડ માપ પ્રમાણે છે, અને ઉકળતા પાણીનું ઉષ્ણતામાન તેજ માપ પ્રમાણે ૧૦૦° અંશ છે. (સો અંશ ૧૦૦° એમ લખાયછે); બિનાળામાં ૨૦° સૂધીની ગરમી સમશીતાળુ દેરોમાં ઠીક ગણાયછે; આપણા લોહીની ઉષ્ણતા ૩૫° છે, અને તે રક્ત ઉષ્ણતા કહેવાય છે. વસ્તુતઃ આપું એમજાનર ઉષ્ણતાનું બરેબર માપ કરવાનું સાધન છે.

૫૨. ઘન પદાર્થોનું ફૂલવું (વિસ્તાર પામવું).—૩૯ મા પ્રયોગમાં કહી છે તેવી પણ તેથી વધારે બરે ફળ દર્શાવનારી રીતે પાણીનું બરફ બિંદુ અને ઉકળવાનું બિંદુ એ બેની વચ્ચે, એટલે થર્મોમીટર પર ૦°થી ૧૦૦° સૂધીમાં કાચના સળીઆ કે ધાતુએના સળીઆ કેટલા ફૂલેછે તે શોધી કાઢવામાં આવ્યું છે. નીચેના કોષમાં એ ફૂલવાનું માપ લખ્યું છે—

એક લાખ ઇન્ચ લાખા સળીઆનું
પાણીનું બરફ થવાના બિંદુથી પા.
છીના ઉકળવાના બિંદુ સુધીના વિ-
સ્તાર પામવું.

કાચ	૮૫ ઇન્ચ.
ત્રાંચું	૧૭૧ „
પીતળ	૧૮૮ „
નરમ લોહું	૧૨૦ „
ભરત લોહું	૧૦૯ „
ગજવેલ (અર્ધ લોહું)	૧૧૪ „
સીસું	૨૮૨ „
ઠંડાઈ	૧૯૬ „
રૂપું	૧૯૨ „
સોનું	૧૪૪ „
પ્લાટિનમ	૮૭ „
જસદ	૨૯૮ „

૫૩. પ્રવાહીનું વિસ્તાર પામવું.— ઉબાડતા વધારવાથી ધન પદાર્થો કરતાં પ્રવાહી પદાર્થો વધારે ફૂલેછે, પણ તમે પ્રવાહી સળીઆ ઉપર પ્રયોગ કરી રાકતા નથી, કેમકે પ્રવાહીના સળીઆ થઈ રાકતા નથી, એનું તો અમુક માપું ભરીને લેઈએ. એક શેરનું માપું લેઈ પાણીનું બરફ થાય તે બિંદુએ એક લાખ શેર પ્રવાહી હોય તેને પાણી ઉકળે તેટલી ગરમી લગાડવાથી તેમાંનું કેટલું ઉભરાઈ જશે તેની અબર કાઢીએ.

જો એક લાખ શેર પારાને ૦ થી ૧૦૦° સેન્ટિગ્રેડ પાણીના થીજવાના બિંદુથી પાણીના ઉકળવાના બિંદુ સુધી એક એક લોહીના કરીએ તો તેમાંના ૧૮૧૫ શેર ઉભરાઈ જશે; જો એક લાખ શેર પાણીને તેટલું ગરમ કરીએ તો ૪૩૧૫ શેર ઉભરાઈ જશે.

એવા પ્રયોગથી માલુમ પડ્યું છે કે

ઉભયુતાના સમાન વધારાથી ધન પદાર્થો કરતાં પ્રવાહી પદાર્થો વધારે વિસ્તાર પામે છે, અને થોડી ઉભયુતાથી જેટલી ઉતાવળે પ્રવાહી પદાર્થો ફૂલે છે તે કરતાં ઘણી ઉભયુતાથી વધારે ઉતાવળે ફૂલે છે.

૫૪. શાયઓ (ગ્યાસો) નું વિસ્તાર પામવું.—ઉભયુતાથી વાયુઓ વિસ્તાર પામે છે અને તે વિસ્તાર ઘણું હોય છે; પણ અહિં આપણે યાદ રાખવું કે ઉભયુતા સિવાય બીજાં કારણોથી પણ તે વિસ્તાર પામે છે (ફૂલે છે). એર-પંપ ઉપરના વાસણમાંના વાયુને કાઢી લેવા માંડ્યો ત્યારે તેમાં મૂકેલી રબરની દડી ફૂલવા લાગી (પ્રયોગ ૨૫ માં). વાસ્તે ઉભયુતાથી વાયુનું અમુક પરિમાણ કેટલું વિસ્તાર પામે છે તે જોવું હોય ત્યારે આપણે સંભાળ રાખવી કે તે વાયુની આસપાસ હવા હોય તેના દબાણમાં વિકાર થાય નહિ; બીજાં બોલમાં મોઢે કાંઈક વાયુવાળો ડુકો લેઈ તેને ખુલ્લી હવામાં ગરમ કરવાથી તે કેટલો ફૂલે છે તે જોવું—અર્થાત્ વાતાવરણના નહિ બદલાતા દબાણમાં—પાણીના થીજી જવાના અને ઉકળવાના બિંદુઓની વચ્ચે.

એ પ્રમાણે કરવામાં આવ્યાથી માલુમ પડ્યું છે કે જો હવાથી પૂર્ણ ભરેલા નહિ એવા ડુકાનું કદ જળ-થીજ બિંદુએ ૧૦૦૦ ઘન ઇંચ હોય તો જળ-ઉકાળ બિંદુએ તેનું કદ ૧૩૬૭ ઘન ઇંચ થાય. મોટે જો બરફ થાય તેટલું થડું પાણી આપણી કને હોય અને એક હજાર ઘન ઇંચ વાયુ ભરેલા ડુકાને તેની અંદર ડુબાવીએ તો તે પાણી વાસણમાં ૧૦૦૦ ઘન ઇંચ અવકાશ થાય તેટલું ઊંચું ચડે—તે ડુકાને લીધે પાણીના કદમાં એટલો વધારો થયો. તથાપિ તેજ વાસણમાં ઉકળતું પાણી ભરી તે ડુકાને તેની અંદર ડુબાવીશું તો માલુમ પડશે કે ૧૩૬૭ ઘન ઇંચ અવકાશ રહે તેટલું તેમાં પાણી ઊંચું ચડશે—એટલી ઉભયુતાએ ડુકાનું કદ એટલું હોય છે તેથી.

૫૫. વિસ્તાર વિષે અવલોકન.—પ્રવાહી પદાર્થો અને ઘન પદાર્થો અતિ બળથી વિસ્તાર પામેછે. લોહના પોલા ગોળાને પાણીથી પૂરે ભરી તેનું ઢાંકણું બંધ સ્કૂથી સજ્જ કરી લેઈએ અને પછી તેને તપાવીએ તો પાણીના વિસ્તાર પામવાનું બળ તે ગોળાને ફાટી નાંખે એમટલું બધું હોવાનું.

લોહના અને ભૂંગળાના મોટા પૂલોમાં લોહને ટૂલવામાં હરકત ન પડે તેવી ગોઠવણ રાખેછે; કેમકે શિયાળાના મધ્ય ભાગમાં એવા પૂલો જોટલા લાંબા હોયછે તેથી ઊનાળાના મધ્ય ભાગમાં કાંઈક વધારે લાંબા થાયછે, વાસ્તે જો તે એવાને લાંબા થવાની જગ્યા ન મળે તો વિસ્તાર પમાડનારું બળ તે એવાને નુકસાન કરે. લોહનાં ભૂંગળાંનો મેને પૂલ છે તે વિસ્તાર પામી શકે તેવી ગોઠવણ તેની રચનામાં છે.

વિસ્તાર પામવાના અને સંકોચન પામવાના બળનો ઉપયોગ આપણે ઘણાં કામોમાં કરીએ છીએ—ઉદાહરણ, ગાડીનાં પૈડાં બનાવવામાં. પ્રથમ લોહની વાટને લાલ થતાં સૂધી તપાવવામાં આવેછે, અને તેવી સ્થિતિમાં તેને પૈડાં ઉપર ચડાવેછે. એ વેળા તે ઢીલી હોયછે. પછી તેને ઉતાવળે ટાઢી પાડે છે. ટાઢી પાડવામાં તે સંકોચાયછે, પૈડાંને પકડે છે અને સજ્જ બેસતી આવેછે.

૫૬. વિશેષ ઉષ્ણતા.—કેટલાક પદાર્થોને તે એવાનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધારવાને ખીજ પદાર્થો કરતાં વધારે ગરમી જોઈએ છે. હરકોઈ પદાર્થના એક પાઉંડ પાણીનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધારવાને જોટલી ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલી ઉષ્ણતાને વિશેષ ઉષ્ણતા કહેછે. પાણીની વિરોધ ઉષ્ણતા ઘણી છે; એમ કહેવાનો અર્થ એ કે એક પાઉંડ પાણીનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધારવાને લગભગ હરકોઈ ખીજ પદાર્થથી વધારે ગરમી જોઈએ છે. જોટલી ઉષ્ણતાથી એક પાઉંડ પાણીનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધે તેટલી ઉષ્ણતા વડે નવ પાઉંડ લોહનું ઉષ્ણતામાન એક અંશ વધેછે.

અગ્નિઆર પાઉંડ જસદનું ઉબ્બુતામાન એક અંશ વધેછે, ત્રીસ પાઉંડ પારાનું કે ત્રીસ પાઉંડ સોનાનું તેટલી ગરમી લગાડવાથી એક અંશ ઉબ્બુતામાન વધેછે.

પ્રયોગ ૩૯ મો.—પાણીની વિશેષ ઉબ્બુતા ઝાઝી છે તેની આગ્રી તમને થાય મોટા એ પાઉંડ પારા લેઈતેનું ઉબ્બુતામાન ૧૦૦ થાય તેટલો એટલે પાણીના ઉકાળ બિંદુ જેટલો તેને તપાવીએ અને પછી તેને સાધારણ ઉબ્બુતામાનવાળા પાણીમાં ભેળીએ. એ ભેળા કર્યાની પૂર્વે તે પાણીમાં થર્મોમીટર મુકવાથી તેનું ઉબ્બુતામાન કેટલું હતું અને ભેળા થયાકેટલે કેટલું થયું તે જોશો તો જણાશે કે એકસો અંશ ઉબ્બુતાવાળો પારા રેડયા પછી તે પાણીનું ઉબ્બુતામાન ૫ થી બાએ વધારે થયું છે.

૭૭. રૂપાંતર કે અવસ્થાંતર.—ધન, પ્રવાહી, અને વાયુ રૂપી એવાં પદાર્થનાં ત્રણ રૂપો છે એ તમારા જાણવામાં છે. હવે મારે તમને કહેવાનું એ છે કે પદાર્થને તપાવવાથી ધન રૂપ ઝાડી તે પ્રવાહી થાયછે, અને પછી પ્રવાહીનું વાયુ રૂપ થાયછે. તમને પ્રવેશ પોથીમાં જણાવ્યું છે કે અરક, પાણી, અને વરાળ એ ત્રણેની બનાવટમાં કાંઈએ ફેર નથી, ઉબ્બુતા લાગવાથી અરકનું પાણી થાયછે, અને પાણીને ઉબ્બુતા લાગવાથી તેની વરાળ થાયછે. (અરકને ગરમી લગાડીએ તો તેનું પાણી થાય અને તે પાણીને તપાવવું જરી રાખીએ તો તેની વરાળ થાય.) બીજા પદાર્થોને એ પ્રમાણે તપાવવાથી તેઓના રૂપમાં એવોજ વિકાર થશે. ઉદાહરણ, જસત નામે ધાતુ છે તેના કકડાને તપાવીએ; કેટલાક વખત પછી તે ગળી જશે અને ત્યારપછી તાપ દેવો જરી રાખીશું તો જસતની વરાળ રૂપે તે રસ જતો રહેશે. કઠણ લોહાને કે ગજવેલને પણ ગાળી શકાય અને વરાળ રૂપે ઊરાડી દેઈ શકાય; અને સંભવેછે કે વિદ્યુત (ઇલેક્ટ્રિસિટી, એવિયે આગળ વધારે કહેવામાં આવશે) વડે હરકોઈ પદાર્થને એટલો તપાવી શકાય કે તે વરાળ કે વાયુ રૂપે ઊડી જાય.

પરંતુ આપણે ઘન રૂપમાં કે પ્રવાહી રૂપમાં પણ લાવી શકાય
 ચ્મિટલા શીતળ સઘળા પદાર્થોને કરી શકતા નથી. ઉદાહરણ,
 શુદ્ધ (અમિશ) મધસારને ઠારી ઘન રૂપમાં આજીવ્યત આણી
 શકાયો નથી; તથાપિ આપણે મારી પેંડે જાણીએ છીએ કે
 તે કરવામાં પાર પડવાને (મધસારને ઠારવાને) વધારે શીતળતા
 માત્ર મેળવવી જોઈએ. થોડા વખતપર વાતાવરણિક હવા
 પ્રવાહી રૂપ ધારણ કરે ચ્મિટલી ઠાઢી કરી શકવામાં આવીએ
 ત્યાર પહેલાં તેમ કદી થઈ શક્યું નહતું; એને પ્રવાહી કરવાને
 પણ વધારે ઠાઢેકનો ખપ છે. મેં કહ્યું તે ઉપરથી તમારે
 એમ ધાર્યું નહિ કે ઉષ્ણતાના અભાવ (ગરમીની ગેરહાજર-
 રી) વિના ઠાઢ કાંઈ બીજી વસ્તુ છે. ઠાઢો પદાર્થ એના
 અથ એ કે તેમાં ઉષ્ણતા આછી છે, અને તેથી વધારે ઠાઢો
 ચ્મિટલે તેમાં ઉષ્ણતા વધારે આછી; પણ ઠાઢામાં ઠાઢો
 (વધારેમાં વધારે ઠાઢો) પદાર્થ આપણે કરી શકીએ છીએ
 તેમાં પણ થોડી ગરમી બાકી રહેતી હોય છે. આ બાબત
 સ્પર્શોદ્રિયની લાગણી ઉપર આધાર રાખેલા નહિ. થર્મો-
 મીટરથી એ પદાર્થોની ગરમી સરખી જણાય, તોપણ તમારા
 હાથને તેમાંનો એક બીજાથી વધારે ઠાઢો લાગે; જો તમે
 તમારો એક હાથ કેટલાક વખત સ્થંધી ધણા ઠાઢા પાણીમાં
 રાખો અને બીજો ધણા ઊંડા પાણીમાં રાખો અને પછી
 સાધારણ ઉષ્ણતાવાળા પાણીમાં એનેને બોળો તો તે પાણી એક
 હાથને ઊંડું લાગશે અને બીજાને ઠાંડું લાગશે. માટે થર્મોમીટર
 વિના બીજા કરતા ઉપર આધાર રાખેલા નહિ, અને ઉષ્ણતાનો
 અભાવ (ગેરહાજરી) તે ઠંડી, શીતળતા એજ છે. બીજું
 કાંઈ છે એવું ધારણ નહિ.

આપણા વિષય પર પાછા આવીએ. એમ સંભવે છે કે સકળ
 પદાર્થો, જો તેમને જોઈએ તેટલા ઠાઢા કરવામાં આવે ચ્મિટલે
 તેમનામાંની ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલી કાઢી લેવામાં આવે તો
 ઘન રૂપ ધારણ કરે; પછી પ્રત્યેકને જોઈએ તેટલો ગરમ
 કરવામાં આવે તો તે પ્રવાહી બને અને તે તપાવેલા જરૂરી

રાખવામાં આવે તો અંતે વરાળ કે વાયુ રૂપે ઊડી જાય. પરંતુ બધા પદાર્થો સરખી સહેલાઈથી પોતાની અવસ્થા બદલતા નથી. ગરમી લગાડવાથી બરફ ઝટ ઝાગળી જાય છે; કલાઈ કે સીસું ૨૦૦ કે ૩૦૦ અંશ ઉપરાંત ઉબ્બતા લાગે છે ત્યારે ઝાગળે છે; સીસા કરતાં લોહાને ગાળવું કઠણ પડે છે. જે પદાર્થને ગાળવું કઠણ પડે છે તેને ઇંગ્રેજીમાં રિક્કેફ-ટોરી કહે છે; ગૂંજરાતીમાં તેને હઠીલો કહીએ તો ચાલે.

કેટલીક અતિ ઉપયોગી વસ્તુઓ કેટલી ઉબ્બતામાને ઝાગળે છે તે નીચલા કોઠામાં દર્શાવ્યું છે:—

બરફ	૦° ઝાગળે છે.
ફાસફોરસ	૪૪° ,,
સ્પર્માસેટી	૪૯° ,,
પોટાશિઅમ	૫૮° ,,
સોડીઅમ	૯૭° ,,
કલાઈ	૨૩૫° ,,
સીસું	૩૨૫° ,,
રૂપું	૧૦૦૦° ,,
સોનું	૧૨૫૦° ,,
લોહું	૧૫૦૦° ,,

પ્લાટિનમને ગાળવું ઝાગળું મુશ્કેલ છે કે તે કેટલી ગરમીએ ગળે છે તે આપણે કહી શકતા નથી. અને કાર્બોનને ગાળવો અંધારાએ વધારે મુશ્કેલ છે—વધારેમાં વધારે તપેલા અગ્નિમાં કોયલા કે કાર્બોન હમેશા ઘન હોય છે; અને ભઠ્ઠીમાં કોયલા ઝાગળી જઈ તેનો રસ ભઠ્ઠીની જાળીમાંથી વહી ગયેલો કોઈએ જાણ્યો નથી.

બધા પદાર્થોમાં એજ પ્રકારનું રૂપાંતર કે અવસ્થાંતર ગરમી વડે થાય છે એવું એ પરથી માલુમ પડે છે; અર્થાત્ જોઈએ તેટલા નીચા ઉબ્બતામાને પહોંચી શકીએ (જોઈએ તેટલી શીતળતા મેળવી શકીએ) તો સઘળા પદાર્થો ઠંડી

બરફ જેવા ઘન અને તથા જોઈએ તેટલા ઊંચા ઉષ્ણતામાનને પહોંચી રાકાય તો (જોઈએ તેટલી ગરમી મેળવી રાકાય તો) સર્વ પદાર્થો વરાળ જેવા વાયુરૂપ અને; વસ્તુતઃ જે વિકાર થાયછે તે એક સરખા પ્રકારનો છે, અને એ આબતમાં ખીજી બધી વસ્તુઓમાં જે બનેછે તે દેખાડવાને પાણીનું ઉદાહરણ સર્વોત્તમ છે. ઉષ્ણતા લાગવાથી તે શી રીતે વર્તે છે તેનું અવલોકન કરીએ. બરફ રૂપે ઘનાવસ્થામાં હોય છે તેથી આરંભ કરીએ.

૬૮. પાણીની ગુણ ઉબ્બતા.—બહુ શીતળ બરફ લેઈ તેને આંડી મીણા કકડા કરીએ અને તેમાં થર્મોમીટરની ગોળો ખાશીએ. જેને આપણે ૦° ફાહીએ છીએ તેની નીચે ૨૦° પર પારો આવી રહ્યોછે એમ ધારીએ. હવે બરફને તાપ દેઈએ. તપાવવાથી જેમ ખીજા ઘન પદાર્થોનું ઉષ્ણતામાન વધેછે તેમ તેનું પણ પારો ૦° આવતાં પર્યંત વધશે, પરંતુ ત્યાં પારો અટકશે અને જ્યાં લગી કાંઈ પણ બરફ રહેશે ત્યાંલગી તાપ દેવા જતરી રાખ્યા છતાં તે ઉપર અડશે નહિ. જો થૂન્ય બિંદુથી ઉષ્ણતામાનને વધાર્યું નહિ તો ગરમી શું કરતી હતી? આપણે જવાબ દેઈએ કે તે બરફને પીગળાવતી હતી. ઘણા શીતળ બરફનું ઉષ્ણતામાન વધારવામાં પ્રથમ બધી ઉષ્ણતા ખપી જાયછે, પણ એ ઉષ્ણતામાન ૦° થાયછે ત્યારે ગરમી કેવળ ખીજું કામ કરેછે; તેનું બળ બરફને એગળવામાં ખપેછે, અને બધું બરફ એગળી રહેછે ત્યારે તેના પાણીનું ઉષ્ણતામાન માત્ર ૦° છે, પીગળતા બરફથી તે વધારે જનું નથી. વસ્તુતઃ પાણી ૦° હોયછે તેનું અને બરફ ૦° હોયછે તેવારે એનેનું ઉષ્ણતામાન સમાન છે, પણ તેની જોડે તેમાં પુષ્કળ વધારે ઉષ્ણતા હોયછે, તેને ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહેવામાં આવેછે, કેમકે તે થર્મોમીટરપર અસર કરતી નથી.

પ્રયોગ ૪૦ મો.—ચીનાઈ પત્રાના વાસણમાં ખડિલું બરફ મૂકી તેમાં માત્ર થોડુંજ બરફ રહે ત્યાં લગી તેને ઘીવા ઉપર તપાવવાથી

ઉપર કહ્યું તે સિદ્ધ થઈ શકશે. એ વેળા તેમાં થર્મામીટર મૂકવાથી જાણશે કે ઉષ્ણતામાન ૦° થી બાંધે વધારે છે, અથવા વરતુતઃ એમાં ગળ્યાની પૂર્વે બરફ જોડાતું ટાંકું હવું તેટલું જ એમાં ગળેલું બરફ ટાંકું છે.

૫૧. વરાઝની ગુણ ઉજ્જવતા.—આપણે બરફનું પાણી બનાવ્યું, અને એ પાણીને ગરમી લગાડવી જરૂરી રાખીશું તો સાધારણ રીતે જેમ ખીજી સીંજેની ઉષ્ણતા વધે છે તેમ તેની વધશે. પણ ઉકાળખિંદુ એટલે ૧૦૦° લગી ચઢ્યા પછી તે અટકશે. પાણીને તાપ લગાડ્યો જરૂરી રાખીશું તો તેનું ઉષ્ણતામાન વધારે ન થતાં તેની વરાળ થશે અને વરાળનું ઉષ્ણતામાન ૧૦૦° છે, તેથી વધારે નથી. વરતુતઃ જેમ જળદાર ખિંદુએ (પાણી થીજી બરફ થાય છે તે ખિંદુએ) બરફ આવ્યા પછી તેને વિધારી જળદાર ખિંદુવાળું પાણી કરવામાં ઘણી ઉષ્ણતા ખપી ગઈ તેમ ઉકાળ ખિંદુ પર આવેલા પાણીને તેજ ઉષ્ણતામાનની (જળઉકાળ ખિંદુની) વરાળ કરવાને ઘણી ગરમી ખપી જાય છે. વારંતે એમ કહી શકીએ કે ૧૦૦° વરાળ અને ૧૦૦° પાણી સમાન છે. પણ તેજ વખતે તેમાં તે ઉપરાંત ઘણી ગરમી છે, પણ તે થર્મામીટર ઉપર કાર્ય કરતી નથી તેથી તેને આપણે ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહીએ છીએ.

પ્રયોગ ૪૧ મો.—ફ્લાસ્કમાં (એક જાતની કાચની સીસીમાં) પાણી ઉકાળીને પ્રથમ તે ઉકળતા પાણીમાં અને પછી વરાળમાં થર્મામીટર મૂકી તમે એ સાબીત કરી શકશો. તે બંનેનું ઉષ્ણતામાન સમાન માલૂમ પડશે. એટલે ખીજા બોલમાં કહીએ તો ખજખજતા પાણીથી વરાળ વધારે ઊંચી નથી.

એમ આપણે જાણ્યું કે બરફને પાણીના રૂપમાં આણવાને ગુપ્ત ઉષ્ણતા જોઈએ, અને વરાળનું રૂપ આપવાને પાણીને ગુપ્ત ઉષ્ણતાની ગરજ છે. ૦° એ એક પાઉંડ બરફ હોય તેને તેટલી જ ઉષ્ણતામાનવાળું એક પાઉંડ પાણી કરવાને કેટલી ગરમી જોઈએ તે માપી શકાય છે, અને તે માપતાં માલૂમ પડ્યું

છે કે ૭૯ પાઉંડ પાણીને એક અંશ ઉષ્ણતામાન પર સ્થાવવાને જોડી ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલી તેને જોઈએ, અને પાણીની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ૭૯ ની બરોબર છે એમ કહેવાનો અર્થ એ છે. એજ પ્રમાણે જણાવું છે કે વરાળની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ૫૩૭ છે; એનો અર્થ એ કે ૫૩૭ પાઉંડ પાણીને એક અંશ ઉષ્ણતાએ આણવાને જોડી ગરમી જોઈએ તેટલી ગરમી ૧૦૦° ના પાણીની તેની સમાન ઉષ્ણતામાન (૧૦૦° ઉષ્ણતા) ની વરાળ કરવાને જોઈએ છે.

બરફને ઓગાળવાને એમ મસ ઉષ્ણતા ખપેછે અને તેણે કરીને તેને ઓગળતાં મસ વખત લાગેછે. એ નિયમ ખરે બહુ ગુણકારી છે, કેમકે ઓગાળ બિંદુ પર આવેલું બરફ ગમે એટલો થોડો તાપ લાગતાં એકદમ ઓગળી પાણી થઈ જાય તો શું અને ? તેમ થાય તો પૃથ્વીના ઘણા ભાગ પર માણસ વસી શકે નહિ, કારણ કે પર્વતો ઉપરનું બધું બરફ (શીઆળો ગયા પછી) વસંત ઋતુમાં તડકો પડતાં વારને એક દિવસમાં એકદમ ઓગળી જાય અને તેના પાણીનો એટલો મોટો જથ્થો અતિ મોટા બળથી અને ત્વરાથી ધરી આવે કે તેના માર્ગમાં જે હોય તે બધાને તે ધસડી જાય અને નીચાણમાં આવેલા વિશાળ પ્રદેશો પાણીમાં ડૂબી જાય. તેમજ ઉકાળ બિંદુએ આવેલા ખજખજતા પાણીની વરાળ થવાને ઘણી ઉષ્ણતાનો ખપ પડેછે તે પણ બહુ સાઈ છે; કેમકે ધારો કે તે બિંદુએ આવેલા પાણીને જરાક વધારે ગરમી લગાડવાથી તે બધાની વરાળ એકદમ થઈ જાય તો પ્રત્યેક આદાનીને અને બોઈલરને વરાળ ફાડી નાંખે અને સ્ટીમ ઇંજીન હોઈ શકેજ નહિ.

તમને કહેવામાં આવ્યુંછે કે વાતાવરણની હવાના જેવી વરાળ પણ હવા કે વ્યાસ છે, અને પ્રવેશ પોથીમાં જણાવ્યું છે કે ખરી વરાળ દૃષ્ટિગોચર નથી. ઢાંકણું દીધેલી આદાનીમાં પાણી ખજખજ ઉકળતું હોયછે ત્યારે તેના નાજઆના કાણાની છેક સોડે કાંઈ આતું નથી, તથાપિ તેથી અર્ધા એક ઇંચને છેટે

વાદળું જણાય છે. તેમજ રેલવેના ઇન્જીનની વરાળ કાઢી નાંખવાના ભૂંગળામાંથી વરાળ નીકળે છે ત્યારે તે ભૂંગળાના માઠાની છેક પાસે કાંઈ દીસતું નથી, પણ તેની ઉપર થોડે અંતરે વાદળું દેખાય છે. એ અદૃશ્ય વસ્તુ બહાર આવે છે તે ખરી વરાળ છે, અને વાદળું નજરે પડે છે તે પાણીનાં બહુ ઝીણાં ટીપાં છે. વરાળ ટાઢી પડે છે તેમ એ ટીપાં બંધાય છે, મારે તે વરાળ નથી, પણ પાણી છે. ખરી વરાળ સાધારણ હવા કે હરકોઈ ખીજ વાયુ (ગેસ) ની ધોઈ અગોચર છે.

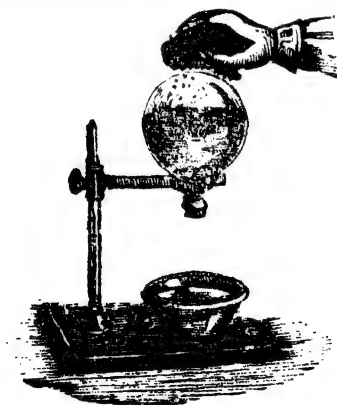
૬૦. ડકાઢવું અને સૂકાવું.— પાણી ઉકળે છે તેવારે તેમાંથી વરાળ નીકળે છે તે વિષે મેં તમને કહ્યું. પરંતુ પાણી ઉકળ્યા પહેલાં તેમાંથી વરાળ નીકળતી નથી એમ હું કહેતો નથી, કારણ કે તે તો સત્યવિરુદ્ધ છે: તમારા સઘળાના જોવામાં આવ્યું હશે કે વાસણમાં પાણી ભરી દેવતા ઉપર મુક્યું હોય તે ઉકળવા માંડ્યાની પૂર્વે ધણી વખતથી તેમાંથી વરાળ નીકળતી જણાય છે. વળી બેશક તમારા દીઠામાં આવ્યું હશે કે ભીની વસ્તુ કે મસ પાણીવાળી ચીજ અગ્નિની પાસે હોય છે તે સૂકાઈ જાય છે—અર્થાત્ તેમાંનું પાણી વરાળ રૂપે ઊડી જાય છે. પાણી ઉકળતું નથી હોતું તેવારે તેમાંથી વરાળ નીકળે છે તે સૂકાવું કહેવાય છે, અને પાણી ખળખળે છે તે ઉકળવું કહેવાય છે. એ બેમાં ભેદ આ છે. દેવતા ઉપર પાણીને ઊંડું કરવામાં આવે છે ત્યારે ગરમી પ્રથમ બે કામ કરે છે. એક તો પાણીને ઊંડું કરે છે અને બીજું તેમાંના કેટલાક ભાગને સૂકવે છે; પણ જ્યારે પાણીની ઉજાતા ૧૦૦° થાય છે એટલે ઉકાળ બિંદુએ પહોંચે છે ત્યારે તે પાણીને વધારે ઊંડું કરી શકતી નથી; પછી અગ્નિનું બધું બળ પાણીની વરાળ કરવામાં કામે લાગે છે. એ વરાળ તેના મથાળા પરથી નીકળે છે એટલું જ નહિ, પણ તળીએથીએ નીકળે છે. તજેથી વરાળના પરપોટા પાણીમાં થઈ ઉપર આવી હવામાં ઊડી જાય છે તે વારે અવાજ થાય છે, તેને આપણે ખળખળવું કે ઉકળવું કહીએ છીએ.

૬૧. ડકાઢવુંનો આધાર દબાણ ઉપર છે.—હવે મારે કહેવાનું

એ છે કે જમ બરફ ઓગળવાનું ઉષ્ણતામાન બિંદુ નક્કી છે તેમ પાણી ઉકળવાનું બિંદુ મુકરર નથી, તેનો આધાર વાના દબાણ ઉપર છે. વાનું દબાણ ઓછું હોય તો સોથી ઓછું અંશ પાણી ઉકળે છે. તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે પર્વતની તળેટી પર વાતાવરણનું જોડણું દબાણ છે તે કરતાં તેના મથાળા પર ઓછું છે. તેનું કારણ એ કે મથાળે જોડાણ ઓછું છે અને તેથી કરીને તમારા ઉપર ઓછો ભાર કે દબાણ છે, એ તમને સાંભરતું હશે. સ્વિટ્ઝર્લૅન્ડમાં મૉન્ટબ્લાંક નામે પર્વત છે તે ત્રણ માઈલે જંચો છે. ત્યાં 25° એ પાણી ઉકળે છે; જો કોઈ પ્રવાસી એ પર્વતને શિખરે વાસણમાં પાણી ઉકળે ને તે ઉકળતા પાણીમાં ઇંડું બાફવા મૂકે તો તે બાફવાનું નહિ; કલાકના કલાક લગી ઉકળતા પાણીમાં રહે, તથાપિ ઇંડું કઠણ થવાનું નહિ, કેમકે 25° ઉષ્ણતા તેની અંદરની સફેતીને કઠણ કરવાને પૂરતી નથી.

પણ જો આપણે પાણીને ઘણી જોડી બાણને તળીએ ઉકાળીએ તો ઉકાળબિંદુ 100° થી કેટલુંક ઓછું જશે.

પ્રયોગ ૪૨ મો.—નીચેના ઘણા સાદા પ્રયોગથી તમે જોશો કે



આકૃતિ ૨૬ મી.

ઉકાળબિંદુની ઉષ્ણતાનો આધાર પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર બ્યાસ કે

વાના દબાણની ઉપર છે. કાચનું એક ફ્લાસ્ક લેઈ તેનો અર્ધો ભાગ ભરાય એટલું પાણી તેમાં રેડીએ, અને પછી તે પાણીની વરાળ ફ્લાસ્કમાંની હવાને ધકેલી બહાર કાઢે ત્યાંલગી તેને ઉકળવા દેઈએ. એમ થયેથી તે ફ્લાસ્કમાં માત્ર પાણી અને તેની વરાળ હોવાની. હવે તેને ખૂચનો સખ્ત બેસતો આવે તેવો ડાટો દેઈ દીવાપરથી લેઈ લો અને ૨૬ મી આકૃતિમાં દે-આડ્યા પ્રમાણે ઊંચો મૂકો; અંદરનું પાણી અદખલનું રહી જાય તે વારે વાદળી વતે ફ્લાસ્ક ઉપર ટાકું પાણી રેડો. ટાકું પાણી રેડવાથી તે ફરી અદખલવા માંડશે. એમ થવાનું કારણ એ કે ટાકું પાણી રેડવાની અગાઉ ફ્લાસ્કમાંના પાણી ઉપર વરાળનો ભાર હતો અને તે ભાર તેને અદખલવા દેતો ન હતો, અને ફ્લાસ્કના ઉપર પાણી રેડવાથી તે વરાળ સંકોચાઈ અને તેથી તેનો ભાર જતો રહ્યો; વધારે દબાણનીચે કરતાં એમણા દબાણનીચે પાણી વધારે સહેલથી ઉકળે છે. તેને લીધે તમે જોયું તેમ ફ્લાસ્કમાં પાણી તુર્ત ઉકળવા લાગ્યું.

આપણા વિષયના આ ભાગ સંબંધી જણાવવું સમાપ્ત કર્યોની પૂર્વે મારે તમને કહેવું જોઈએ કે પીગળી જવાની ક્રિયા ચાલતી હોય છે તે વારે કેટલાક પદાર્થ વિસ્તાર પામે છે અને કેટલાક સંકોચ પામે છે; અર્થાત્ ધનાવસ્થા તજી પ્રવાહી રૂપ ધારણ કરવામાં એમ બને છે.

પ્રયોગ ૪૩ મો.—ઉદાહરણને માટે બરફ લેઈએ. પાણી ઉપર મૂકતાં જુએ બરફ તરે છે, અને તેપરથી સિદ્ધ થાય છે કે તે પાણીથી હલકું છે. માટે બરફનું પાણી થવામાં એ વસ્તુ મસ સંકોચાય છે, અને પાણીનું બરફ થવામાં (એટલે ઠરી જવાની ક્રિયા થતી હોય છે ત્યારે) એ વસ્તુ બહુ ફૂલે છે. એ ફૂલવું ઘણા બળથી થાય છે. જડાલોઢાના વાસણને પાણીથી ભરી સજડ ઢાટો દેઈ દેવામાં આવે અને પછી તે પાણી થીજી બરફ થાય તેમ કરવામાં આવે તો બરફ તે વાસણને ફાડી નાંખે. ગજવેલ પીગળે છે તેવારે બરફની પેઠે સંકોચાય છે, અથવા ઠરી જાય છે.

કે ધનરૂપ ધારણ કરેછે ત્યારે પાણીની માફક ફૂલેછે. (એ બેમાં કાંઈ ભેદ નથી). સંભવ છે કે ભરત લોઢાનો પણ એજ નિયમ છે. ઉદાહરણ, તપીને ઘોળું થયેલું ગજવેલ ગજવેલના રસમાં તરેછે, અને માનવામાં આવ્યું છે કે તપીને લાલ થયેલા ભરત લોઢાનો કકડો ભરત લોઢાના રસમાં તરશે. સોનાનો, રૂપાનો અને ત્રાંબાનો આ સંબંધી નિયમ ઉલટો છે, તેઓ પીગળેછે ત્યારે ફૂલેછે અને ધન થાયછે ત્યારે સંકોચાયછે; એમ હોવાથી તેઓના રસ બીબાના પોલમાં દોડી જતા નથી અને તેઓના સિક્કા બનાવવાને અડી ડોકવી પડેછે.

પરંતુ બધી વસ્તુઓ વાયુરૂપ થવામાં બહુજ ફૂલેછે. એક ધનંત્રિ ઉક્તતા પાણીની વરાળ લગભગ ૧૭૦૦ ધનંત્રિ જગ્યા રેકેછે.

૬૨. ગરમીનાં बीजां कार्यो.—હવે તમે જાણ્યું કે ઉષ્ણતા પદાર્થોને ફલાવેછે કે વિસ્તાર પમાડેછે એટલે મોટાં કરેછે, અને તેમની અવસ્થા પણ બદલાવેછે એટલે જીવદા રૂપમાં આણેછે; ગરમી લગાડવી જરી રાખ્યાથી ધનાવસ્થામાંથી પ્રવાહી બનેછે, અને પ્રવાહી રૂપ તજી વાયુ રૂપ ધારણ કરેછે. ગરમી કેવી બળવાન શક્તિ છે એ તમે જાણ્યું; લોઢાના કઠણમાં કઠણ દાંડાને તે ઢીલા ગોળ કે ઘેસ જેવા નરમ કરી ઘીજો બેનો રસ બનાવેછે, અને વધારે ઉષ્ણતા લગાડીએ તો તે વાયુ બની ગોડી જાયછે.

ઉષ્ણતા બીજા ધણા પ્રકારની અસરો પદાર્થો ઉપર કરેછે, અને વિશેષ કરીને રસાયણી આકર્ષણની ક્રિયાને સહાય કરેછે. ઉદાહરણ, નીચા ઉષ્ણમાને કોયલાનો સંયોગ વામાંના એક્સિજન સાથે થતો નથી. તેથી આપણે જોઈએ એટલા વખત લગી તેઓને ભોંયરામાં કે કોઠીમાં ભરી મૂકી શકીએ છીએ. પરંતુ તેઓને ઉષ્ણતા લગાડવાથી (સળગાવવાથી) તે સંયોગ થાયછે; સંયોગ થયા પછી તે પોતે ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન કરેછે તેથી સંયોગક્રિયા ચાલુ રહેછે અને તેને આપણે કોયલા બળેછે એમ કહીએ છીએ.

એજ પ્રમાણે રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીમાં ૬ થી કલમમાં કહેલા પ્રયોગમાં ગંધકનો અને ત્રાંબાનો સંયોગ થાય છે, તેમાં તે સંયોગ થવા માટે પ્રથમ તાપ લગાડવો પડે છે, તથાપિ સંયોગ થવા માંડ્યા કેડે ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થાય છે, અને દીવાની ગરમીની પછી ગરજ રહેતી નથી, સંયોગની ક્રિયા એની મેજે આલ્યાં કરે છે.

૬૩. થીજાવી દેનાર મિશ્રણો.—વળી તમને કહેવામાં આવ્યું છે. (રસાયનશાસ્ત્રની પ્રથમ પોથીની કલમ ૭ મી) કે રસાયની સંયોગ ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન કરે છે, અને તે સંતત અંદે છે; તેમ છતાં પણ કોઈવાર એ વસ્તુઓ મળવાથી એાગળી જઈ દ્રવણ થાય તેવી હોય તો તેઓ બળી જવાથી ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થતાં શીતળતા ઉત્પન્ન થાય છે. ઉદાહરણ, મીઠું અને બરફ મળવાથી દ્રવણ બને છે, અને તેમ બનવામાં મસ ઠંડી ઉત્પન્ન થાય છે, અથવા વધારે અંદે કહીએ તો, ધણીક ગરમીનું શોષણ થાય છે.

પ્રયોગ ૪૪ નો.—આ સિદ્ધ કરવાને આપણે એાગળતા બરફને મીઠા જોડે ઝડપથી ભેળીએ અને તે મિશ્રણમાં થર્મોમીટરને મુકીએ. પારે થોડી વારમાં ૦° ની નીચે ઉતરી જઈ દર્શાવશે કે મિશ્રણ એાગળતા બરફથી વધારે ઠાંડું છે.

એમ થવાનું કારણ શું ? એનો જવાબ એ છે કે એ બે વસ્તુઓ ભેળસેળ થયા પછી પ્રવાહી મિશ્રણ બને છે, ધન બનતું નથી. વસ્તુતઃ તે બહુ આં પાણી બન્યું છે. તમને કહેવામાં આવ્યું હતું કે પદાર્થો ધનાવસ્થામાંથી પ્રવાહી અવસ્થામાં જતાં ધણી ઉષ્ણતાને આપ જાય છે, એટલે ઉષ્ણતા યુગ્મ થઈ જાય છે. ઉદાહરણ, બરફનું પાણી બને છે ત્યારે એમ થાય છે. બરફ અને મીઠાનું આં પાણી બનતાં એટલે પારે પ્રવાહી થતાં તે કેટલીક બરફની અને કેટલીક મીઠાની ઉષ્ણતાને આપ જાય છે (યુગ્મ કરી દે છે) અને તેનું પરિણામ ધણે ઠાંડો પ્રવાહી બને છે તે બે ધન પદાર્થોના એકઠા થવાથી બન્યો. ન્યારે એ ધન પદાર્થો

એક એકને આગળાવી નાંખે છે. ત્યારે તેઓનું પ્રવાહી બનતાં ધણી વાર ઉણુમાન ઉતરી જાય છે. તેનું કારણ એ કે તે પ્રવાહી ઉણુતાને આઈ જાય છે. આવા પદાર્થોને થીજાવી દેનાર મિશ્રણ બનાવનારા કહેવામાં આવે છે.

તેમજ ધણી ઉતાવળે જે પ્રવાહી સૂકાઈ જાય (વરાળ થઈ ગઈ જાય) તે અતિ ઘણા ટાઢા લાગે છે, કેમકે વરાળ કે વાયુ થવામાં તેને ઉણુતા ધણી જોઈએ છે, અને તે જ્યાંથી મળી શકે ત્યાંથી તે લે છે; ઉદાહરણ, જો તમે તમારા હાથ પર ઈશર રેડશો તો તે તમને ઘણા ટાઢા લાગશે અને ઝટ સૂકાઈ જશે; વસ્તુતઃ સૂકાઈ જવામાં એટલે વરાળ કે વાયુ થવાને માટે તેણે તમારા હાથની ધણીક ગરમી ચોરી લીધી. કેટલાક પ્રવાહી-ઓની ધણી ઝડપથી વરાળ કરી નાંખવાથી ધણું નીચું ઉણુતામાન કે અતિ ધણી ઠંડી કોઈવાર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

પ્રયોગ ૪૨ મો.—આ સાખીત કરવાને કોઈ છાછર વાસણમાં પાણી રેડીએ, અને તેને ઘણા સખ્ત તેજબવાળા ખીજા વાસણની જોડે એરપંપની એંદર મૂકીએ અને એરપંપ-માંના વાને બહાર કાઢી લેઈએ. હવા જેમ નીકળતી જશે તેમ પાણી ઉપર તેનું દબાણ ઓછું થતું જશે, અને તે દબાણ જતું રહેવાથી પાણીની બહુ ઉતાવળે વરાળ થશે, અને વરાળ થવામાં તે પોતાનામાં એટલી બધી ઉણુતા લેઈ લેશે કે બાકીના પાણીનું બરફ થઈ જશે.

૬૪. ડગ્ગતાનું પ્રસરવું.—આપણા વિષયના ખીજા ભાગ ઉપર હવે જઈ ઉણુતાના ફેલાઈ જવાના વલણ કે પ્રસરણ સ્વભાવ વિષે વિચાર કરીએ. તપેલા પદાર્થ સદા તપેલા ન રહેતાં તેની આસપાસના તેનાથી ટાઢા પદાર્થોને પોતામાંની ગરમી આપે છે; તે એમનો એમ હમિશ કરવાનોજ, તથાપિ સ્થિતિભેદ પ્રમાણે ભિન્ન ભિન્ન રીતે તેમ કરશે.

પ્રયોગ ૪૬ મો.—ઉદાહરણ, લોઢાના સળીઆને દેવતામાં મૂકીએ. સળીઆનો જે ભાગ અગ્નિમાં છે તેમાં તેની કેટલીક

ઉભયુતા પેસેછે, અને ત્યાંથી ખીજ દૂરના છેડાલગી જઈ પહોંચેછે, અને અંતે તે છેડાપણ અડકી ન શકાય અંટલો ગરમ થશે. સળીઆમાં આ પ્રમાણે ગરમીના જવાને ઉભયુતા-વહન કહેવામાં આવેછે.

પ્રયોગ ૪૭ મો.—ફ્લાસ્કને (કાચની સીસીને) બે તૃતીયાંશ પાણીથી ભરીએ અને તેને દીવા ઉપર ધરીને ઊંનું કરીએ, અર્થાત્ નીચેથી તપાવીએ. પાણીના નીચલા કણો ગરમ થાયછે તેમ કૂલેછે અને તેણે કરીને વધારે હલકા થાયછે. હલકા થવાથી તેઓ ઉપર ચડેછે. જેમ બૂચ પાણીમાં ઊંચે ચડેછે તેજ કારણથી તેઓ ઊંચે ચડેછે. જેઓ ઊંચે જાયછે તેઓની જગ્યાએ ઉપરના વધારે ટાઢા અને તે માટે વધારે ભારે કણો નીચે ઉતરેછે. દીવાની ઉભયુતા નવનવા જળ-કણોને લાગેછે અને કેટલેક વખતે બધું પાણી ગરમ થઈ ઉકળવા માંડશે. આ પ્રકારની ક્રિયાનું નામ ઉભયુતા-સંચારણ છે.

પરંતુ સૂર્યમાંથી પૃથ્વી ઉપર ઉભયુતા આવેછે તે ઉપલી ભેમાંની એકે રીતે આવતી નથી. એ બંને પ્રકારમાં ઘન કે પ્રત્નાહી પદાર્થના રજકણો ઉભયુતાને લેઈ જાયછે, પરંતુ સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે એવા રજકણો નથી એવું ધારવાને કારણે છે, અને આપણે જાણીએ છીએ કે સૂર્યનો પ્રકાશ અને તેની ઉભયુતા નવ કરોડ માઈલને અંતરેથી આપણી આંધી મિનિટમાં પૃથ્વી ઉપર આવેછે. તે એ સ્પષ્ટ છે કે સૂર્યથી જે ઉભયુતા પૃથ્વી ઉપર આવેછે તે અતિ ઘણા વેગથી આવેછે, અને તેની અને આપણી વચ્ચેના રજકણોને તપાવવાથી આવતી નથી. વસ્તુતઃ જે દિવસે ટાઢ ઘણી પોલી હોય અને હવા ઘણી શીતળ હોય અને તપેલી હોય નહિ તે દિવસે પણ સૂર્યનાં કિરણોનું બળ બહુ હોય. સૂર્યમાંથી અથવા હરકોઈ ખીજ ઉભયુ પદાર્થમાંથી ગરમીને આવવાની ક્રિયાને કિરણ-પ્રાપ્તિ કહેછે.

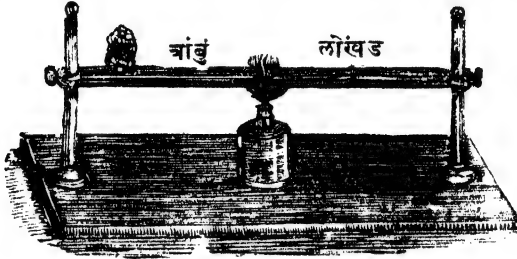
તપેલો પદાર્થ ઠાઠા પદાર્થને એ ત્રણ ભિન્ન રીતિઓએ ઉષ્ણતા આપેછે; તે રીતિઓનાં નામો ઉષ્ણતાવહન, ઉષ્ણતા-સંચારણ અને ફિરણપાતન છે. હવે એ ત્રણ વિષે એ ક્રમ પ્રમાણે વિચાર કરીએ.

૬૫. ઉષ્ણતાવહન.—આપણે લોઢાના સળીઆને દેવતામાં ખોસવા વિષે કહ્યું અને તેની જોડે કહેવામાં આવ્યું કે અને તે સળીઆનો ખીજો છેડો એટલો ગરમ થશે કે ઝાલી શકાશે નહિ. પરંતુ લોઢાના સળીઆને બદલે કાચનો સળીઆ કે માટીનો સળીઆ દેવતામાં મૂકીએ તો તેનો ખીજો છેડો ઘણો ઊંડો થશે નહિ, કેમકે ધાતુમાં જોડું સાફ ઉષ્ણતા-વહન થાયછે તેવું કાચમાં કે માટીમાં થતું નથી.

ઊન અને પીછાં તેમનાથીએ વધારે નહારા ઉષ્ણતા-વાહક છે. એજ કારણથી તેઓને જનાવરોનાં વસ્ત્રો કુદતે બનાવ્યાં છે; આસપાસની વસ્તુઓથી જનાવરોના અંગમાં ગરમી બહુધા વધારે હોયછે, અને જનાવરોએ ઊનકે પીછાં, કે રૂવાંટીવાળાં વસ્ત્રો ઓઢેલાં હોયછે, તેઓ-માંથી તે ગરમી ઝટ જઈ શકતી નથી. તેમજ વરાળ ચંત્રના ઓઢિલોમાંની ઉષ્ણતાને તેઓની અંદર રાખવી હોયછે ત્યારે તેઓને મંદવાહક કે અવાહક પદાર્થોનાં ઢાંકણ ઓઢેછે.

ઉષ્ણતાને અંદર રોકી રાખવાને મંદવાહક વસ્તુઓ વાપર-વામાં આવેછે એટલુંજ નહિ, પણ તેને બહારથી અંદર નહિ પેસવા દેવાને પણ વાપરવામાં આવેછે; ઉદાહરણ, આપણા શરીરમાંની ઉષ્ણતા શરીરમાંરહે એટલા માટે કૂજાનલ ઓ-ઢીએછીએ એટલુંજ નહિ, પણ બરફને વધારે વાર રાખવાને એટલે બહારની ઉષ્ણતા લાગી થોડીવારમાં તેને ઓગળાવી નાંખતી અટકાવવાને તે ઉપર કૂજાનલને લપેટીએ છીએ. વસ્તુતઃ ઉષ્ણતા કૂજાનલમાં થઈ ઝટ જઈ શકતી નથી, તેમાં થઈ અંદરથી ઝટ બહાર આવી શકતી નથી અને બહારથી તુરત અંદર જઈ શકતી નથી.

પ્રયોગ ૪૮ મો. — જુદી જુદી વસ્તુઓમાં ઉબ્જુતાને લઈ જવાની શક્તિ જુદી જુદી છે. એ તમને સહેલથી દેખાડી શકાય. નીચેની આકૃતિમાં એ સળીઆ છે, એક ત્રાંખાનો અને એક લોઢાનો. તેઓના છેડા જોડે રાખી ત્યાંથી નીચેના દીવા વડે તેઓને તપાવવામાં આવે છે. કેટલીક વાર લગી દીવાનો તાપ



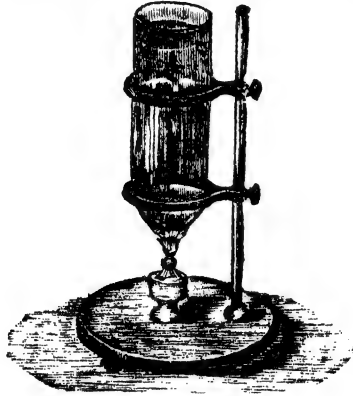
આકૃતિ ૨૭ મી.

લગાડ્યા પછી ફોરફરસના એ નાના કકડા લઈએ, અને તેમાંના એકને ત્રાંખાના સળીઆના દીવાથી વધારે દૂરના ભાગ ઉપર મૂકીએ. તે ઝટ સળગશે. હવે ફોરફરસના પીળા કકડાને દીવાથી તેટલે જ છેટે લોઢાના સળીઆ ઉપર મેલો; તે નહિ સળગે. એ બતાવે છે, કે દીવાની ઉબ્જુતા લોઢા કરતાં ત્રાંખું વધારે જોરથી લઈ જાય છે.

રક્ષણદીપ (સેફ્ટી લાંપ) આણે બાદનાગઓના ઉપયોગને સારૂ સર હંફી દેવી એ બતાવ્યો હતો તેની કૃતિનો ખુલાસો ઉબ્જુતાવહનથી થાય છે. એ બહુ ઉપયોગી જ્ઞાનસનું પૂર્ણ વર્ણન રસાયન વિદ્યાની પ્રથમ પોથીની ૪૨ મી કલમમાં કરેલું છે.

૬૬. ડબ્બતાસંચારણ. — પાણીથી ભરેલું એક વાસણ લઈએ અને તે ઉપર ઉકળતા તેલનું વાસણ તરવું મૂકીએ. તો માલુમ પડશે કે તેલની ઉબ્જુતા નીચેના પાણીમાં ઘણી ધીમી ધીમી ઉતરશે; વસ્તુતઃ થોડા ઇંચની નીચે ઉબ્જુતામાનનું ચડવું ભાગ્યે માલુમ પડશે. તથાપિ પાણીવાળા વાસણને ઉપરથી ગરમી લગાડ્યાને ડોકાણે ઉપલા ચિત્રમાં દર્શાવ્યું છે. તેમ

તળેથી લગાડવામાં આવે તો માલુમ પડશે કે બધું પાણી થોડા વખતમાં ઊનું થઈ ઉકળવા માંડશે. વસ્તુતઃ પાછળ કહી ગયા



આકૃતિ ૨૮ માં.

છીએ તેમ તપેલા કણો હલકા થવાથી ઉપર ચડે છે, અને તેમને સ્થળે ઉપરના વધારે શીતળ અને ભારે કણોનીચે ઉતરી આવે છે. ચિત્રમાં તીરોના આકારો વડે દેખાડ્યું છે તેમ પાણીમાં પ્રવાહ ચાલે છે, ઊનું પાણી મધ્ય ભાગે થઈ ઉપર ચડે છે, અને ઠાંડું પાણી બાજુએ ચાલે છે ઉતરે છે.

સૃષ્ટિમાં ઉભયતા સંચારણનાં કેટલાંક સારાં ઉદાહરણો જોવામાં આવે છે; એક ઉદાહરણ હંડા દેશોમાં તળાવથી મળે છે. ઉપરની હવા બહુજ શીતળ થાય છે ત્યારે તળાવના પૃષ્ઠનું પાણી ઠાંડું થાય છે. પૃષ્ઠના કણો શીતળ થવાથી ભારે થઈ તળીએ ઉતરે છે, અને તળેના વધારે હલકા અને ઉભય કણો ઉપર તેઓને ઠાંને આવે છે. એમ થયાં કરવાથી થોડા કાળમાં સરોવરના સઘળા પાણીનું ઉભયતામાન જળઠાર બિંદુની ઉપર ૪૦° થઈ રહે છે; ત્યાર પછી, બીજી ચીજોથી ઉલટી રીતે વર્તી પાણી વધારે ઠંડું થતાં સંકોચાવાને બદલે ફૂલે છે; અને તેનું બરફ બને છે ત્યારે તે બરફ પાણીથી હલકું હોવાથી મથળે તરે છે.

જો અરક્ષ પાણીથી ભારે હોત તો જોમ તે અનતું જાય તેમ તળી-
એ બેસતું જાય, અને તેથી નવું પૃથ્વ અનતું જાય; તે ઠરી નીચે
બેસે અને નીચેનું પાણી મથાળે આવે. એમ થતાં થાડી વારમાં
સરોવરના બધા પાણીનું અરક્ષ બને. પણ તેમ ન થતાં પૃથ્વરના
પાણીનું અરક્ષ થયા પછી તે ઉપર તરેછે, અને તેની માર્ફતે માત્ર
તેની તળેના ખીજા જળ ધરને થીજવેછે અને તેપણુ બહુ ધીમે
ધીમે, મોટે કોઈ સરોવર સદા થીજેલું હોવાની ધાર્તી નથી.

વળી હવા તપવાથી જળના ઉબસુતા સંચારણુ પ્રવાહ વાતાવર-
ણમાં હોયછે; અને તેજ કારણથી અગ્નિથી તપેલા વા ધૂમાડી-
આમાં (ચિમનીમાં) જિંચે જાયછે, અને તેને ઠામે એમરડામાં
ઠાઠો પવન આવેછે, અને મોસમના નિયમિત પવનો વિસ્તી-
ર્ણુ પ્રદેશોપર વાયછે તે પણ એજ કારણથી. પૃથ્વીનો જે ભાગ
વિષુવવૃત્ત કહેવાયછે ત્યાં સ્થરજનો તાપ ખીજા ભાગોથી વધારે
જોરમાં પડેછે. દેવતાથી તપેલા વા જોમ ધૂમાડી આમાં જિંચે ચડે
છે તેમ ત્યાંના વા સ્થરજના જળના તાપથી તપી જિંચે ચડેછે.
એમ ઉપર ગયેલા વાને ઠામે ધ્રુવપરથી કે પૃથ્વી ઉપરના વધારે
શીતળ પ્રદેશો પરથી વાતા પવનો આવેછે. એમ વિષુવવૃત્ત ઉપર
વાના પ્રવાહના ક્રમે ચાલેછે. તેઓ ત્યાંના ગરમ થયેલા વાને
ધ્રુવ ભણી જિંચે આકાશમાં લેઈ જાય છે, અને પૃથ્વ ઉપર વહેતા
વાના પ્રવાહ તે વાને ઠંડા થયા પછી ત્યાં પાછા આણેછે. એ
પૃથ્વના પ્રવાહ ધ્રુવપરથી વિષુવવૃત્તપર આવેછે તેઓ વેપારની
મોસમનો પવન કહેવાય છે.

૬૭. કિરણપાતન, ડબ્બતા અને પ્રકાશ.—ઉબસુ પદાર્થની થોતા-
માંની ગરમી આપવાની ત્રીજી રીત કિરણપાતન છે, અને સ્થર-
જનો તાપ પૃથ્વી ઉપર એ ત્રીજી રીતે આવેછે. એ રીતના ઉદા-
હરણને મોઢે કરી જવાની ગરજ નથી, આપણા ઘરમાંના ચૂલાથી
કે સગડીથી મળી શકે છે. ધકધક બળતા દેવતાની સામા ઊભા
રહીએ છીએ તો આપણા મોઢાને અને આંખોને તેના તાપથી
પીડા થાયછે. ઉકળતું પાણી ભરેલી આદાનીમાંથી પણ કિરણપા-

તન ઉબ્ધતા નીકળેછે, તથાપિ અગ્નિમાંથી કે સૂર્યમાંથી નીકળતાં કિરણોની પેઠે તે કિરણો આંખમાં પેશી પ્રકારાનું માન કરતાં નથી. કોઈ વસ્તુને અરમ કરીએ, ઉદાહરણ, માટીના ગોળાને તપાવીએ, તે નીચે કહ્યુંછે તેમ કાંઈક બનેછે. તે વસ્તુનું ઉબ્ધમાન તુરત વધવા મળેછે, અને તેથી ઉબ્ધતાનાં કિરણો તેમાંથી નીકળેછે, પરંતુ તેઓમાં અજવાળું ન હોવાથી તેઓ દૃષ્ટિપર કાર્ય કરતાં નથી. તપવાની ક્રિયામાં વધારે થતો જાયછે તેમ તેમાંથી નીકળતાં કિરણોમાંનાં થોડાંક આંખપર અસર કરેછે, તથા તે વસ્તુ લાલ થાયછે; ત્યાર પછી તેમાં પીળી ઉબ્ધતા આવેછે, ત્યાર કોંડે ઉબ્ધતા ધોળી થાયછે, અને છેલ્લે સૂરજના તેજ જેવા અતિ ઘણા પ્રકારથી તે અળકેછે. ઉબ્ધ પદાર્થમાંથી આ પ્રકારિત કિરણો નીકળેછે તેઓ ઉપર લક્ષ દેવામાં થોડા કાળ કઠીએ.

૬૮. પ્રકાશનો વેગ.—અવકાશમાં (ખાલી પાલમાં) થઈ આવતા અજવાળાનો વેગ પ્રથમ રોમર નામે દેન્માર્કના ખગોળવેત્તાએ શોધી કાઢ્યો. અજવાળાનો વેગ એટલે શું તે સમજવાને દૂર રહેલી તોપ છૂટેછે ત્યારે શું બનેછે તે યાદ કરીએ. આપણે અગ્નિના બડકા કે ઝળકારે જોઈએ છીએ અને ત્યારપછી થોડે પળે બડકા કે અવાજ સાંભળીએ છીએ. ઝળકારાથી અવાજ પાછળ પડ્યો તે ઉપરથી સ્પષ્ટ છે કે જે ક્ષણે તોપ છૂટી તેજ ક્ષણે તેનો અવાજ આપણે કાને પહોંચ્યો નહિ. પણ શું ઝળકારો (એટલે અજવાળું કે પ્રકાશ) તોપમાંથી જે ક્ષણે નીકળ્યો તેજ ક્ષણે આપણાં ચક્ષુએ પહોંચ્યો હશે? પ્રકાશ અને અવાજ બંને તોપથી એકે ક્ષણે નીકળ્યા નહિ હોય? અને પ્રત્યેકને આપણી કાને આવતાં કાંઈક વખત લાગ્યો નહિ હોય? પ્રકાશ વધારે ઉતાવળે દોડવાથી પ્રથમ આવી પહોંચ્યો એમ ન હોય? એનો નિર્ણય અવલોકન અને પ્રયોગથી માત્ર થઈ શકે, અને અવલોકનથી રોમરે એ શોધ કરીછે. બૃહસ્પતિ નામે મોટો ગ્રહ છે તે કોઈવાર આપણાથી ઘણું અંતરે હોયછે અને કોઈવાર મુકાબલે પાસે

હોયછે, અને એ મોટા ગ્રહની પ્રદક્ષિણા કરનારા ચાર ઉપ-ગ્રહો છે. એ ઉપગ્રહોમાંના એક બૃહસ્પતિના બિંબને નિય-મિત વખતે સદા ઓળંગેછે તેથી મોટી શક્તિવાળા દૂરબીન-માંથી તે સમયે જોઈએ તો બૃહસ્પતિના મોટા બિંબ ઉપર થઈ કોઈ કાળો પદાર્થ જતા (તે બિંબને એકપાસેથી ખીન્ને પાસે જતા) હોય તેવો તે દેખાયછે. હવે શેઝરને માલુમ પડ્યું કે જ્યારે બૃહસ્પતિ આપણાથી ઘણું વેગળે હોયછે ત્યારે તે ઉપગ્રહને ઓળંગવાને જોડો વખત લાગવો જોઈએ તેથી વધારે લાગેછે, તે ઉપરથી તેણે સિદ્ધ કર્યું કે જે ક્ષણે બૃહસ્પ-તિના બિંબને તે ઉપગ્રહ ઓળંગેછે તેજ ક્ષણે પૃથ્વી ઉપર આપણે તેને જોતા નથી, પરંતુ બૃહસ્પતિ ઉપરથી ત્રીકળી આપણી આંખોપર આવતાં પ્રકાશને કેટલોક વખત લાગેછે; જેમ તોપકે બંદૂકનો બહાર થયા પછી તેના ધડાકા (અવાજ) ને આપણા કાન સુધી આવી પહોંચતાં કેટલોક કાળ લાગેછે તેમ અજવાળાને પણ બૃહસ્પતિથી પૃથ્વી ઉપર આવી પહોં-ચતાં કેટલોક કાળ લાગેછે.

એમ તમે જાણો છો કે જેમ નાદને એક ઠોકાણથી ખીન્ને ઠોકાણે જઈ પહોંચતાં કેટલોક કાળ લાગેછે તેમ પ્રકાશને પણ લાગેછે, ફર ઓછોજ છે કે નાદ (અવાજ) કરતાં પ્રકાશ વધારે ઝડપથી ચાલેછે—દર સેકન્ડે ૧,૮૬,૦૦૦ માઈલના અતિ ઉતાવળા વેગે, પ્રકાશ ગતિ કરેછે, પણ નાદ તો તેટલાજ સમ-યમાં (દરેક સેકન્ડમાં) માત્ર ૧૧૦૦ ફુટ ચાલેછે. સૂરજ અને પૃથ્વીની વચ્ચે નવ કરોડ માઈલનું છેદું છે તેમ છતાં સૂરજના અજવાળાને પૃથ્વી ઉપર આવી પહોંચતાં માત્ર આઠ મિનિટ થાયછે. મોટે જો સૂરજ એકાએક હોલવાઈ જાય તો ત્યાર પછી આઠ મિનિટ પર્્યંત તે બિના આપણા જાણવામાં આવે નહિ.

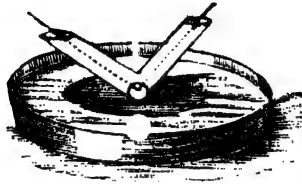
પરંતુ એમ ધારશો નહિ કે અજવાળું એ ઉભય પદાર્થોએ ફેંકેલા ત્રીણા રજકણો છે, અને તે રજકણો અવકાશમાં દર સે-

કેડે ૧,૮૯,૦૦૦ માઇલ પ્રમાણે ઊડી આવેછે. જો એમ હોય તો પ્રકારાનું એકજ કિરણ આપણા ચૂરો કરી નાંખે. જેમ કાનમાં નાદ પેસેછે એમ કહીએ છીએ તેમ આંખમાં અજવાળાનું કિરણ પેસેછે એમ કહી શકાય. પાછળ તમને સમજાવવામાં આવ્યુંછે કે જ્યારે આપણે તોપનો બડકો સાંભળીએ છીએ ત્યારે એમ સમજવું નહિ કે તોપના મુખથી ચાલતા આવેલા હવાના ઝીણા રજકણો આપણા કાનમાં પેસેછે. અને તેમજ જ્યારે પ્રકારાનું કિરણ આપણે દેખીએ ત્યારે એવું ન લારવું કે પ્રકાશિત પદાર્થે તે કિરણને આપણી આંખમાં ફેંક્યું. એ બંને બાબતોમાં આપણી અને તે પદાર્થની વચ્ચે કાંઈછે તેનું ડેલાવવું કે મોજું ચાલવા મોડેછે અને ૪૪ મી કલમમાં હાથીદાંતની ગોળીઓના પ્રયોગમાં સમજાવ્યુંછે તેમ એક રજકણ બીજા રજકણને, બીજા ત્રીજાને, એમ એક પછી એક પોતપોતાની પાસેનાને ડેલેછે.

૬૯. પ્રકાશનું પરાવર્તન.--જ્યારે ધાતુના એપેલા પૃથ્વર પ્રકાર પડેછે ત્યારે તે પરથી પાછું ફેંકાયછે. એ પાછા ફેંકાવાને પરાવર્તન કહેવામાં આવેછે. દર્પણની સામે દીવે સજાવેલી મીણબત્તી ધરશે તો દર્પણમાં તમે તે મીણબત્તીનો પડછાયો (છબી) જોશો. એનો અર્થ એ કે બત્તીના દીવાનાં કિરણો દર્પણ ઉપર પડેછે અને તે પરથી પાછાં ફરી તમારી આંખમાં આવેછે, અને જાણે બત્તીમાંથી નહિ પણ દર્પણમાંથી આવતાં હોય તેમ દેખાયછે.

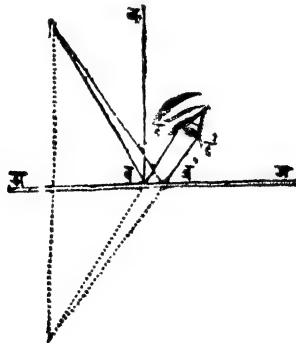
પ્રયોગ ૪૯ મો.—પરાવર્તનની ક્રિયા કેવે પ્રકારે થાયછે તે સમજાવવાને માટેકોઈ ધાતુનું એપવાળું ચપટું પૃષ્ઠ લેઈએ—ચપટા તળીઆના છાછર વાસણમાં પારે રેડીશું તો એવું પૃષ્ઠ ધરો. ચિત્રમાં બતાવી છે તેવી તળીએથી ખુલ્લી વાંકી નળી પારાની ઉપર મૂકો અને જમણી મેરને છેડેથી પ્રકાશ તેમાં પેસે તેમ કરો; ડાબી મેરના છેડાપર આંખ રાખીને જોશો તો પારાના પૃષ્ઠ ઉપરથી પરાવર્તન થયેલો બત્તીનો દીવો દેખશે.

આ પ્રયોગમાં દીવાનો પ્રકાશ એક નળીની વાટે જાંબ પારાપર પડેછે અને ત્યાંથી ખીજી નળીની વાટે ઉપર ચઢી



આકૃતિ ૨૯ ચી.

આંખપર આવેછે. પ્રકાશ એમ કરી રહે માટે બે વાનાંની જરૂર છે. પ્રથમ તો બંને નળીઓનું વળણું કે ઢાળ સમાન જોઈએ; અને ખીજું એ જોઈએ કે એક નળી ખીજીની બરોબર સામી જોઈએ, એવી કે જો તેઓ એકાએક ચપટી પડી જાય તો બેહુ એક લીટીમાં આવી જાય. માટે જ્યારે અજવાળાનું કિરણ કોઈ એક વાળા પૃષ્ઠ ઉપર પડેછે ત્યારે તે કિરણ જોઈલે ઢાળે પડ્યું હોય તેટલે ઢાળે તે પૃષ્ઠ



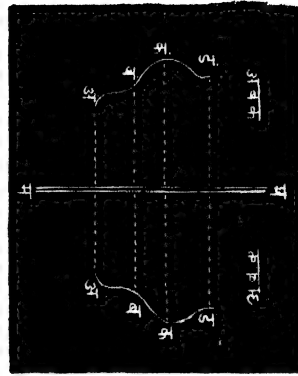
આકૃતિ ૩૦ ચી.

ઉપરથી પરાવર્તન થઈ ઊંચું પડે છે, અને અને કિરણોને દાખી તે પૃથ્થ ઉપર ચપટાં કરેલાં ધારે તો તે બહુ ચ્મક લીટીમાં થઈ ગયેલાં માલૂમ પડે.

ભૂમિતિ વિના પરાવર્તનના નિયમો તમે પૂરા સમજી શકશો નહિ, પરંતુ આ નીચેની આકૃતિ વડે કદાચ કેટલેક દરજે સમજી શકશો. આકૃતિમાં અ બિંદુને ચ્મજવાળું આપનાર પ્રકાશિત ધારેલું છે, અને મમ આરશી છે. અ થી નીકળનારાં અબ, અબ બે કિરણો આરશી ઉપર બ અને બ સ્થળે પડે છે. પડ્યા પછી તેઓ જોનારની આંખમાં બડ અને બડ દિશાએ થઈ જશે. અબ કિરણોના પડવાનો ઢાળ બડ કિરણોના ચઢવાના ઢાળની સમાન છે. હવે જો તમે કલ્પના કરો કે બડ અને બડ કિરણોની દિશાને દર્પણની નીચલી બાજુએ વધારી છે તો તેઓ અ આગળ મળશે. દર્પણને ઉપલે પાસે જેટલે છોટે પ્રકાશિત બિંદુ અ છે, તેટલે છોટે અ બિંદુ દર્પણને હેઠલે પાસે છે. માટે જોનારને કિરણો વસ્તુતઃ અ થી આવતાં જણાશે, તેથી કરીને તેજસ્વી બિંદુ અ આરશીની ઉપર જેટલે દૂર છે તેટલે દૂર આરશીની તળે પડછાયા અ નું સ્થળ છે.

માટે જ્યારે તમે કોઈ મોટા આરસાની આગળ ઊભા હો છો ત્યારે તમે તેનાથી જેટલે આધે હો તેટલે આધે તેની અંદર પાછલી બાજુએ તમારો પડછાયો દેખાશે; જો તમે પાસે જમ્યાં છો તો પડછાયો પાસે આવે છે, જો તમે પાછા હો છો તો તમારો પડછાયો પાછો હો છે, ઈ, તોપણ તમારા જોવામાં ચ્મક ભેદ આવશે-તે ભેદ ચ્મ છે કે તમારો જમણો હાથ પ્રતિબિંબનો ડાબો હાથ છે, અને તમારું જમણું પાસું ધણું કરીને પ્રતિબિંબનું ડાબું પાસું છે. પણ ચ્મ સિવાય બીજી બધી વાતે જોવા તમે છો તેવુંજ તમારું પ્રતિબિંબ છે.

૩૧ મી આકૃતિમાં ઉપલા ભાગનો પડછાયો નીચલા ભાગમાં દેખાય છે, અને તે પડછાયામાં જમણી મેરના અક્ષરો ડાબી મેર છે.



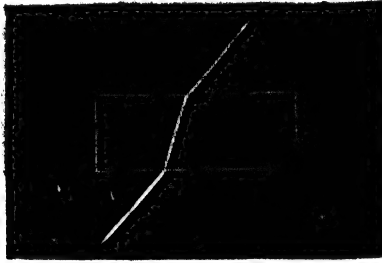
આકૃતિ ૩૧ મી.

જો તેજસ્વી પરાવર્તક પૃષ્ઠ ચપટું હોતું નથી તો અન્ય નેવાં પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન થાયછે. ઉદાહરણને માટે થર્મામીટરને નીચલે ભાગે પારાની ગોળી છે તે લેઈએ. તેમાં તમે તમારું પ્રતિબિંબ મરડાઈને વિરૂપ બનેલું જોશો, અને આપ્તા આરડાનું પણ દેખશો, માત્ર દૂરના ભાગો અતિ નાના થઈ ગયેલા દીસશે.

તેમજ ૨૨ મી આકૃતિમાં છે તેવી બે અંતર્ગોળ આરશીઓ લેઈએ, અને તેમાંના એકના ફોકસમાં ઘડીઆળ અને ખીજના ફોકસમાં તમારો કાન રાખ્યાને બદલે એક ફોકસમાં તપીને લાલ થયેલો ગોળો મૂકો અને ખીજ ફોકસમાં તમારો હાથ ધરો. થોડા કાળમાં તમારા હાથથી ખમી શકાય નહિ એટલો તાપ લાગશે. ખરે, જો તમારી કને એ પ્રકારની બે મોટી તપ્તીઓ હોય અને તેમાંના એકના ફોકસમાં દેવતા સળગાવ્યો હોય તો ખીજના ફોકસમાં તમે રોટલા શેકી શકો; એ બેની વચ્ચે પચાસ કુટનું અંતર હોય તો એ એમ થાય. એનું કારણ એ છે કે એક ફોકસમાં અગ્નિ બળે છે તેની ઉષ્ણતાનાં કિરણો તે ફોકસ જે

આરસાનું છે, તેને લાગે છે અને તે પરથી પરાવર્તન રેખાઓમાં જઈ સામેના આરસા પર પડે છે. અને તે પરથી વળી એવી રેખાઓમાં પરાવર્તન પામે છે કે તેઓ સઘળાં એ પીળા આરસાના ફેકસમાં મળે છે. એ પ્રમાણે એક ફેકસમાં દેવતા બળે છે, અને જાણે પીળા ફેકસમાં તેનું પ્રતિબિંબ હોય તેમ થાય છે, તે પ્રતિબિંબમાં ઉજાસતા એટલી છે કે રોટલા શેકાય.

૭૦. પ્રકાશનું વાંકાં વળવું કે વક્રીભવન. પ્રયોગ ૫૦ મો.—પત્થરના કે જસતના પવાલાને તળીએ કોઈ ભાર નાની વસ્તુ મૂકો, અને તમારી આંખને એવી સ્થિતિમાં રાખો કે તે પવાલાની કોર તે વસ્તુને તમારી નજરે પડવા દેતી નથી; પછી તે પવાલામાં



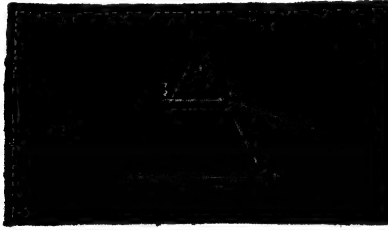
આદિતિ ૩૨ મી.

કોઈ પાસે પાણી રેડાવી તેને છલાછલ ભરાવો. એથી પવાલાને તળીએ મેલેલો નાનો પદાર્થ તમારાથી દેખારો. એનું કારણ શું? એનું કારણ એ કે તે નાની વસ્તુ પરથી આવતું કિરણ પાણીના પૃષ્ઠને છોડતાં જીવે દિશામાં વાંકું વળે છે, તેથી તમે વસ્તુ તને ખૂણા પર થઈને દેખો છો. પાત્રને તળીએ મૂકેલી વસ્તુ માછલી હોય તો તે પણ તમને દેખી શકે.

એ પરથી જણાય છે કે પાણીના પૃષ્ઠ ઉપર ત્રાંસું કિરણ પડે તો તે પાણીમાં પેઠા પછી એાછું ત્રાંસું થાય છે; અને વળી પાણીમાંથી પ્રકાશનું કિરણ બહાર આવે છે તે એવું વાંકું વળે છે કે વામાં પેઠા પછી વધારે ત્રાંસું થાય. પાણીના પૃષ્ઠમાં પ્રવેશ કરતાં જેમ

અનેછે તેમજ પારદર્શક કાચના પૃષ્ઠમાં પેસતાં અનેછે-ત્રાંસું ફિર-
ણ કાચમાં પેદા પછી એાછું ત્રાંસું થાયછે. ચપટા જડા કાચમાં
પ્રવેશ કરી ફિરણ બત્રીસમી આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પસાર
થાયછે. કાચમાં પેદા કેડે તેનો માર્ગ અને કાચમાંથી નીકળ્યા
પછી તેનો માર્ગ એકજ દિશામાં છે (પણ તેજ લીટીમાં નથી),
અને કાચની અંદર તેનો માર્ગ કેવળ બિન્ન છે.

પણુ ધારો કે, કાચ ચપટા નહોતાં ફાચર રૂપ છે: વસ્તુતઃ ૩૩મી
આકૃતિમાં છે, તેમ તે તળીઆ ઉપર સીધા રહેલોછે, અને
તેને ઊભો કરી જોઈએ તો તે ૩૪ મી આકૃતિમાં ચિત્તેછે તેવા



આકૃતિ ૩૩ મી.

દેખાયછે. એવા રૂપના આકારના કાચને ત્રણુધારો (કે ત્રણ
બાજુએવાળો) પાસો કહેછે. આ ત્રણુધારો
પાસામાં થઈજતાંતેજનું ફિરણ શી રીતે વાંકું વળે-
છે તે આપણે જોઈએ. ૩૩ મી આકૃતિમાં એ
દર્શાવ્યું છે, તે ઉપરથીતમે જોશો કે પાસાના જડા
ભાગ બહાર ફિરણ વાંકું થયું છે; વસ્તુતઃ ફિરણની
દિશા કેવળ બદલાયલી છે.



આકૃતિ ૩૪ મી.

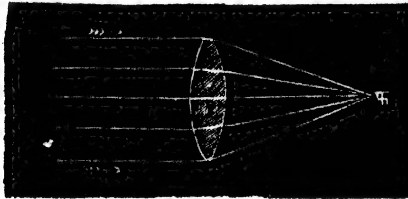
એપરથી આપણને માલુમ પડેછે કે ફાચર આકારના કાચમાં
થઈ જતાં પ્રકાશનું ફિરણ તે કાચના જડા ભાગ બહાર વળેછે.

૭૧. લેન્સો (ટૂકકાચ) અને તેઓ મધ્યેથી પડતાં પ્રતિબિંબો.—કાચ-
ના રૂપમાં નીચેની રીતે ફેરફાર કરીએ. બાજુની નોંધો ગોળા-

કાર કાચ એવો લેઈએ કે તે વચમાંથી વધારેમાં વધારે જોડા અને ફરતી કોર પર વધારેમાં વધારે પાતળો હોય; વસ્તુતઃ એક બહુથી જોતાં તે ગોળ દેખાયછે, પણ કોર બહુથી જોતાં નીચેની આકૃતિ જેવા દેખાય છે.

એવા આકારના કાચને ઇંગ્રેજીમાં લેન્સ કહેછે. (સંસ્કૃત દૃષ્ટાચ શબ્દ એને માટે એકકોશમાં લખ્યો છે). એવા લેન્સ ઉપર દૂરથી આવતા અજવાળાનાં કિરણોની ભારીને પડવા દેઈએ તો શું થશે? ગોળ કાચમાં જેમ અનેછે, તેમ એ લેન્સમાં બનશે; ખરું આકૃતિ ૩૫ માં જોતાં એ ગોળ કાચર છે, અને તેની જડાઈ મધ્ય ભાગે વધારેમાં વધારે હોવાથી લેન્સ ઉપર પોલાં કિરણો બધી મરથી તેના મધ્ય ભાગ બહુ વળશે. વસ્તુતઃ કિરણો એક બિંદુમાં કે તેની પાસેનીચલી આકૃતિમાં છે, તેમ એકઠાં મળશે.

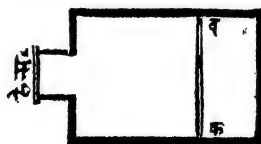
હવે ધારો કે તડકો પોલોછે અને તેમાં તમે લેન્સને એવી રીતે મૂકોછો કે સૂર્યનાં કિરણો તેના પૃષ્ઠ ઉપર પડેછે, તો એ કિરણો લેન્સની બીજી બાજુએ જઈ એક એક બિંદુમાં અથવા લગભગ એક બિંદુમાં મળશે; એ બિંદુ ઉપર તમે કાગળ મૂકશો તો તેપર સૂરજનું નાનું સરખું તેજસ્વી પ્રતિબિંબ પડેલું જણાશે, અને તેમાં એટલી બધી ઉષ્ણતા હશે કે તે કાગળ સળગશે; વસ્તુતઃ આગી-આ કાચનું કામ તે કરશે.



આકૃતિ ૩૬ માં.

પ્રયોગ ૧૧ માં.—એવા લેન્સમાંથી સૂર્યનું પ્રતિબિંબ પડે અને બીજી કોઈ ચીજનું પણ પડે; ઉદાહરણ, અહિં મેં એવી ગોઠવણ કરીછે કે દીવી પરના દીવાનાં કિરણો લેન્સની ઉપર પૂર્ણ

પડેછે, અને તે લેન્સની પાછલે પાસે તૈલપત્ર રાખેલાં છે તે ઉપર તે દીવાનું પ્રતિબિંબ પડેછે. પણ તમે જુઓ છો કે તે ઊંધું પડેલું છે. વસ્તુ તઃ લેન્સની આગળ કેટલેક છેટે કાંઈક તેજસ્વી વસ્તુ મુકશો તો તે લેન્સની પાછળ તે વસ્તુની નાની છાંયી પડશે. લેન્સની આગળ તમારું મુખ ધરશો તો લેન્સની પાછળ તમારા મુખની નાની તસખીર પડશે. ફોટોગ્રાફર કરેછે તે એજ છે. તેની કને એક છેડે લેન્સ અને અંદર અંધાઈ એવી પેટી હોયછે. નીચલી આકૃતિમાં ચિત્રી છે તેવી તે હોયછે. લેન્સને ફગ્લૂમિ બણી કે કોઈ માણસના મુખ તરફ તે રાખેછે એટલે તે ફગ્લૂમિની કે તે આદમીના ચહેરાની છાંયી અંધારી પેટીમાં પડેછે. તે સારી પડેછે કે નહિ તે જોવાને પ્રથમ તે ઘૂટેલા કાચ ઉપર પડવા દેછે. તે નક્કી કર્યા કેડે તે કાચને લેઈ લેછે અને તેને ઢાંમે ખીજે કાચ મૂકેછે. પ્રકારની કૃતિ જેના ઉપર થાયછે એવા કોઈ રસાયની પદાર્થ એ ખીજા કાચ ઉપર લગાડેલા હોયછે. પેટીમાંની છાંયી તે કાચ પર પડેછે. છાંયીના જે ભાગોપર અજવાળું પડ્યું હોય તે એ તો કાચના પૃષ્ઠ ઉપર અસર કરી તેમાં વિકાર કરેછે, અને જે અજવાળા વિનાના ભાગો છે તે એ કાંઈ અસર કરતા નથી.



આકૃતિ ૩૭ મી.

કાચ પર લગાડેલી વસ્તુ ઉપર એવેડે તે છાંયીની છાપ પડેછે, તે છાપમાં છાંયીના તેજસ્વી ભાગો કાળા દેખાયછે, અને કાળા ભાગો તેજસ્વી દીસેછે, અને તે માટે તે નેગેટિવ (અસાક્ષાત્) કહેવાયછે. એ નેગેટિવ ઉપરથી પછી પોઝિટિવ છાંયી એ એટલે સાધારણ ફોટોગ્રાફી આપણે જોઈ એ છાંયી તે લેવાયછે.

૭૨. વિપુલવર્ણક કાચ.—હરકોઈ ઘણી જીણી વસ્તુ હોય તે જેમાંથી મોટી દેખાય એવા લેન્સ હોયછે. એવા લેન્સને મહત્

દર્શક કે વિપુલદર્શક કાચ કહેવામાં આવેછે. એવો કાચ તમારા-
માંના ધણાના જોવામાં બેરાક આવ્યો હશે. જે ચીજને જોવી
હોય તેની ધણી નજીક એવા કાચને રાખવો જોઈએ. એવા
કાચથી દૂરના પદાર્થ, ઉદાહરણ, કોઈ ગ્રહ કે ચંદ્ર, મોટા દેખાશે
નહિ; માત્ર જે છેક પાસે હોય તેજ એમાંથી મોટો દેખાયછે. જો
તમારે કોઈ ગ્રહ, કે ચંદ્ર મોટો દેખાય તેમ કરવું હોય તો એવા બે
કાચ જોઈશ; એક મોટા કાચ વડે ગ્રહ કે ચંદ્રનું પ્રતિબિંબ પાડવું
પડેછે, -જેમ આગીઆ કાચથી સૂરજનું પ્રતિબિંબ પાડીએ
છીએ તેમ-અને તે પ્રતિબિંબને મોટું કરવાને બીજો વિપુલ-
દર્શક કાચ જોઈએ. એ બીજા કાચ વડે તેમ તે પ્રતિબિંબને
તપાશી રાકોછો, અને મોટું કરી રાકોછો.

કોઈ સમીપની વસ્તુ મોટી દેખાય તેમ કરવું હોય તો વિપુલ-
દર્શક કાચ વાપરવો, પણ કોઈ વેગળેના પદાર્થ મોટો દેખાય તેમ
કરવું હોય તો પ્રથમ લેન્સ વડે તે દૂરના પદાર્થના પ્રતિબિંબને પાસે
આણવું અને પછી તે પદાર્થને વિપુલદર્શક કાચથી જેમ તપાશી-
એ અને મોટો દેખાય એમ કરીએ તેમ તેના પ્રતિબિંબને
વિપુલદર્શક કાચ વડે કરવું. એવા બે કાચને એમ જોડવાથી
જે યંત્ર થાયછે તેને દૂરબીન કે દૂરદર્શક (યંત્ર) કહેછે; એમાંના
એક કાચમાંથી દૂરના પદાર્થનું પ્રતિબિંબ પડેછે અને
બીજો કાચ તે પ્રતિબિંબને મોટું કરેછે. આડું અજવાળું એ
કાચો ઉપર ન પડે માટે દૂરબીન બનાવવામાં એ કાચોને
ભૂંગળામાં મૂકેછે.

૭૩. જુદા જુદા પ્રકારના પ્રકાશનું વાંકું વઝવું જુદું જુદું છે.--
પ્રિઝમમાં યદ્યપે જતાં અજવાળાનાં કિરણો શી રીતે વાંકાં વળેછે
તે મેં તમને દેખાડ્યું. હવે મારે તમને કહેવાનું એ છે કે પ્રત્યેક
પ્રકારના પ્રકાશનાં કિરણોનું વાંકું વળવું સમાન નથી. જા-
લ અજવાળું પ્રિઝમમાં યદ્યપે ગયા પછી કેવી રીતે વાંકું વળેછે
તે ૩૮ મી આકૃતિમાં જોવામાં આવેછે. રાતા કિરણને દામે નાર-
ંગીયું કિરણ હોત તો તે પોતાના મૂળ માર્ગથી કાંઈક વધારે વળું

હોત; પીઠું કિરણુ તેથી વધારે વળ્યું હોત; લીલું પીળાથી વધારે; વાદળી લીલાથી વધારે; ગળીના રંગનું કિરણુ વાદળીથી વધારે અને કોરમજી (ભાગાળંબુઆ) કિરણુ ગળીના રંગના કિરણુથી-એ વધારે વાંકું વળેછે. જે કિરણુમાં આ સાતે રંગો (રાતો, નારંગીઆ, પીળો, લીલો, વાદળી, ગળીના રંગ, અને કોરમજી) મિશ્ર થયેલા હોય તે કિરણુ ત્રિઝમમાં પેશી ખીજી તરફ વીકળેછે. ત્યારે તેમાંના પ્રત્યેક રંગનું વળકું પોતાના પોડાથીઆથી ભિન્ન હોયછે માટે તેઆથી તે જુદું પડેછે, અને આપણી આંખે તે સમજા જુદા પડેલા દેખાયછે. ત્રિઝમમાં એક પાસેથી તે કિરણુ પેદું ત્યારે તેમાં તે રંગો એકઠા મળી ગયેલા હતા, અને ખીજે પાસેથી કિરણુ બહાર પડ્યું ત્યારે તેઆ જુદા પડી ગયા હોયછે.

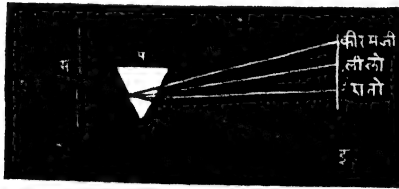
પ્રકારના મિશ્રિત કિરણુનું પૃથક્કરણ એ પ્રમાણે કરી ત્રિઝમ તેનાં તત્ત્વોને છૂટાં પાડેછે, અર્થાત્ તેમાંના વિધ વિધ રંગોને તે જુદા પાડેછે.

હું તમને કહું કે સૂરજનો છે તેવો ધોળો પ્રકાર એ રંગો (લાલ, નારંગીઆ, પીળો, વગેરે ઉપર કહ્યા તે રંગો) ના મિશ્રણનોજ બનેલોછે તે જાણી તમે કદાચ વિસ્મય પામશો; પરંતુ થોડો વિચાર કરતાં તમારી આંત્રી થશે કે અરેખરં એમજ છે.

ઝાકળનાં ટીપાંપર, ખીસારપર અને રત્નોપર તેજનાં કિરણુ પડેછે ત્યારે જે શોભાયમાન રંગો દીસેછે તે આપણે સર્વે દીઠાછે.

એવે પ્રસંગે મેઘધનુષ્યના સકળ રંગોથી તેઆ ચળકી રહેછે અને આમ મેઘધનુષ્યનું નામ દેતાં પ્રથમ ઊઠેછે કે રત્નોના રંગોનું જે કારણ છે તેજ મેઘધનુષ્યના રંગોનું કારણ તો નહિ હોય? ધાસ ઉપર પાણીનાં સ્વદમ પુષ્કળ ટીપાંઆ અગણિત હીરાઓની જેમ ચળકી રહેછે તેમ મેઘધનુષ્યના નામ પરથીજ અનુમાન થઈ ન શકે કે આકાશમાં પાણીનાં અસંખ્ય સ્વદમ ટીપાંઆ હશે તેઆનાં એ ધનુષ્યો બનતાં હશે? એ દેખાવોનું કારણ તેજ

નહિ હોય: અને જો હશે તો તે કીધું છે? એ કારણ સર આઈ-સાક ન્યૂટને શોધી કાઢ્યું. તેણે પ્રથમ દેખાડ્યું કે ખરું જોતાં ધોળો પ્રકાશ ભિન્ન ભિન્ન રંગોનાં ધણું ફિરણોના મિશ્રણનો અનેલોછે, અને અમુક વસ્તુઓમાં થઈને જતાં તેઓ એક-એકથી વિખૂટાં પડેછે. વસ્તુતઃ આપણે કહી ગયા તેમ મિશ્ર ફિરણમાં ભિન્ન ભિન્ન રંગીન તત્ત્વો છે તેઓને નિરાળાં કરવાનું એક સાધન પ્રિઝમ છે.



આકૃતિ ૩૮ મી.

પ્રદર્શનને માટે ધારો કે અંધારા ઝોરડની વાસેલી બારીના એક બારણામાં ઊભો સીરો છે, અને તે સીરામાંથી તડકો આવે-છે:-૩૮ મી આકૃતિમાં આ ગોઠવણનો નકશો છે, અને આપણે ઉપરથી તેને નિરખીએ છીએ. શરૂઆતમાં આપણી કને પ્રિઝમ ન હોય અને રૂસ્થળેથી બારીના સ સીરા ભણી જોઈએ તે તેજસ્વી સીરો દેખાશે, વધારે કાંઈ દેખાશે નહિ; વસ્તુતઃ પેલી મેર તેજસ્વી સૂર્ય છે તે જોવાને સીરો માર્ગ આપેછે. હવે આકૃતિ-માં છે તેમ પ્રિઝમને દાખલ કરીએ: તેને મૂક્યા કોડે રૂસ્થળેથી સીરો આપણી નજરે પડશે નહિ. પરંતુ જો પ્રિઝમના જડા ભાગ ભણી જઈને જોઈએ તો સીરામાંથી આવતો પ્રકાશ અંતઃક્રિ-ગોચર થશે, તથાપિ તેનો દેખાવ ત્યાં ધણો બદલાઈ ગયેલો હોવા-નો. હવે તે પહેલાંની પેઠે પાતળા સીરાને રૂપે નજરે ન પડતાં ધણા રંગોનો પડેલો પડે દેખાશે, અને તે રંગોમાં એક છેડે રાતા રંગથી આરંભ થઈ આસ્તે આસ્તે બદલાતાં નારંગીઓ, પીળો, લીલો, વાદળી, ગળીનો, અને છેલ્લો કીરમજી એ રંગો તમે નિહાળશો. એ બધા રંગોના મિશ્રણનો ધોળો તડકો થયેલો

છે એ બિના ધ્યાનમાં રાખ્યાની સાથે ઉપર જે કહેવામાં આવ્યું છે તે વડે એ સર્વ સહેલથી સમજવી શકાય તેમ છે. વાસ્તે પ્રિ-
અમમાં થઈને જતાં કિરણો વાંકાં વળે છે, એટલુંજ નહિ, પણ તેઓનો વાંક એકસરખો નથી. પ્રત્યેક પ્રકારના પ્રકાશનો ચીરો તેની પોતાની સ્થિતિમાં તેના જેવા હોવાનો. માટે તે ચીરાનાં અનેક તેજસ્વી પ્રતિબિંબો એક એકની પાસે હોઈ વસ્તુતઃ પ્રકા-
શનો એક ચીરો નહોતાં પ્રકાશનો પટો બની રહેશે; એક છેડે રાતો રંગ છે, કેમકે રાતાં કિરણોનું વાંકાં વળવું બીજા સર્વથી એમણું છે, અને બીજે છેડે કીરમજીઆ (ભાગો બંધુઆ) રંગ છે, કેમકે કીરમજી કિરણો સર્વથી વધારે વાંકાં વળે છે. આ નાના પ્રકારના રંગના પ્રકાશના પટાનું નામ સ્પેક્ટ્રમ પડયું છે.

૭૪. પુનરાવર્તન.—મેં તમને તેજોમય અને ઉષ્ણમય કિરણો વિષે કેટલુંક કહ્યું. પ્રથમ તમે શીખ્યા કે તમે પદાર્થોને તપાવવા માંડો છો ત્યારે પહેલ વહેલાં તેઓમાંથી અપ્રકાશિત કિરણો નીકળે છે, પરંતુ તેઓમાં ઉષ્ણતા વધે છે ત્યારે તે કિરણો પ્રકા-
શિત અને દૃષ્ટિગોચર થાય છે. આપેલાં પૃથ્થોપરથી કિરણો પરાવર્તન પામે છે તે ત્યાર પછી તમને જણાવ્યું. પાણીમાં થઈને તથા કાચમાં થઈને જતાં તેઓની દિશા વાંકી શી રીતે થાય છે તે પણ તમને શીખવ્યું; તથા બિલોરનો ત્રણ પાસાનો કાચ એટલે પ્રિઅમ કિરણોને પોતાના જડામાં જડા ભાગ બણી કેવી રીતે વાળે છે તે કહ્યું. લેન્સપર પોલાં બધાં કિરણો સઘળી મેરથી તેના મધ્યબિંદુ તરફ અર્થાત તેના જડામાં જડા ભાગ તરફ કેવાં વળે છે તે કહેવામાં આવ્યું; અને લેન્સની ઉપર તડકો પડવા દહાડે તો સૂર્યનું નાનું પ્રકાશિત પ્રતિબિંબ પડે છે તે તમને જણાવ્યું; અને તે પ્રતિબિંબ કાગળને સળગાવે છે કે હાથને દગાડે છે તે તમને કહ્યું.

લેન્સમાંથી તેજ પ્રકારનું પ્રતિબિંબ ચંદ્રનું કે ગ્રહનું પડે છે એ તમને શીખવ્યું. અને વિપુલદર્શક કાચ વડે તે પ્રતિબિંબની પાસે જઈને જુઓ તો તમે ખરેખર બહુ મોટો ચંદ્ર કે બહુ

મોટા ગ્રહ કેમ દેખાછે તે અને એમ બે કાચને જોડવાથી દૂર-
ખીન નામે યંત્ર બનેછે. તે તમને કહેવામાં આવ્યું. છેલ્લે તમને
શીખવ્યું કે બિન્ન બિન્ન રંગના પ્રકારનાં કિરણો પ્રિઝમમાં
થઈને જતાં એવે પ્રકારે વાંકાં વળેછે કે જ્યુદ જ્યુદ ઠામે પડે-
તેથી કરીને પ્રિઝમ વડે પ્રકાશના મિશ્ર કિરણનાં બધાં તત્ત્વોને
ઘૂટાં પાડી રાકાયછે.

અને હવે આ વિષયની સમાપ્તિ કર્યાની પૂર્વે ઉપગુતા (ગર-
મી) ની પ્રકૃતિ પર થાકું લક્ષ લગાડીએ.

૭૨. ઉષ્ણતાની પ્રકૃતિ.—આપણે પૂર્વે ઉપગુતાને નાદ જોડે
મરખાવી ગયા છીએ; વળી મેં તમને કહ્યું છે કે ગરમ થયેલા
પદાર્થ રાક્ષિતવાન છે. એ સુકાબલો કરીને કરીએ. નાદમાં
આપણે બે વાત ધ્યાનમાં લેવાનીછે:— એક જે વસ્તુ ધ્રુજે
તે; અને બીજી એ કે જે ધક્કો વાયુની વાટે આપણા કાનપર
મારકેછે, અને જેથી આપણે નાદ સાંભળીએ છીએ તે.

તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે તપેલી વસ્તુમાંના સ્વદમ કણો
બહુ ત્વરાથી ધ્રુજેછે, અને જેમ ધ્રુજતા પદાર્થમાંથી અવાજ
નીકળો આપણા કાનપર પડેછે તેમ ગરમ થયેલા પદાર્થમાંથી
પ્રકાશ નીકળે આપણી આંખ ઉપર પડેછે. પરંતુ કોઈ પ-
દાર્થને શી રીતે ધ્રુજતો કરવામાં આવેછે, ઉદાહરણ, કોઈ ઘંટને
કે પડધમને? માત્ર તે પર ધાત કરવાથી એટલે કોઈ વસ્તુ વડે
વગાડવાથી. તમે બારે હથેડીને કે લાળીને ઉતાવળે ઘંટની
આજુકને લાવી વગાડોછો અને તેથી ઘંટ ધ્રુજવા માંડેછે; હવે
હથેડી કે લાળો ઘંટને વાગી ત્યાર પહેલાં તે ઉતાવળી ગતિવાળો
પદાર્થ છે અને તેનામાં રાક્ષિત છે, કેમકે તે કામ કરી શકેછે.
ઘંટને વાગ્યા પછી તેની રાક્ષિતનું શું થાયછે? વસ્તુતઃ તેણે પા-
તાની રાક્ષિત ઘંટને આંધી દીધીછે, કેમકે ઘંટ હવણા ધ્રુજેછે.
અને તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે ધ્રુજતા પદાર્થમાં રાક્ષિત છે.
એમ ધાતની રાક્ષિત ઘંટને આપવામાં આવી તે નારા પામી
નથી, પણ માત્ર હથેડીમાંથી નીકળી તે ઘંટમાં ગઈ. હવે ધારો

કે કોઈ લુવાર સીસાનો કકડો તેની ઝ્મરણ ઉપર મૂકી તે ઉપર બારે હથોડાનો ઘા મારે છે. ધબકારો સંભળાય છે, પણ ઘંટની માફક કાંઈ ધ્રુજવું નથી. મોટે હથોડાના ઘાની શક્તિનું શું થયું? ઘટનું ધ્રુજવું આપણા કાનને લાગે છે તેવું ધ્રુજવું ઉત્પન્ન કરવામાં તે શક્તિ રૂપાંતર થઈ નથી, તો તે કયું રૂપાંતર થયું? તેનું કોઈ પ્રકારનું રૂપાંતર થયું કે નહિ? ઝ્મનો જવાબ ઝ્મ છે. કે તેનું રૂપાંતર ઉણુતામાં થયું. હથોડાને ધ્રુજાવે તેના કણોને ધ્રુજવા કર્યા, પરંતુ ઝ્મ ધ્રુજવું ઘંટના ધ્રુજવા જેવું નથી; જો લુવાર તે સીસાને ગરજ જેટલા વખત લગી ઘા માર્યા કરે તો તેને પીગળાવી પણ નાંખે.

એક તમારામાંના કોઈએ ચળકતા બટનને લાકડાપર ઘસવામાં શક્તિ વાપરી હશે તે બટન ઉપર વાપરેલી સઘળી શક્તિનું શું થયું? ઉત્તર ઝ્મ છે કે તેણે ગરમીનું રૂપ ધારણ કર્યું; ઘસીને બટનને તુરત તમારા હાથપર કે તમારી પાસે બેઠેલાના ઝંગ ઉપર લગાડવાથી ઝ્મ સત્ય સદેલથી સિદ્ધ કરી શકશો.

પ્રયોગ ૨૨ મો.—ઘાની શક્તિનું રૂપાંતર જે શક્તિને આપણે ઉણુતા કે ગરમી કહીએ છીએ તેમાં કેમ થાય છે. તે દર્શાવવાને વેરટાસ નામે દીવાસળી થાય છે તે લેઈએ. ઝ્મના છેડાપર ફોસ્ફરસ લગાડેલું છે. પથરપર મૂકી હથોડી વડે કે પથરા વડે તેની ઉપર ઘા મારીએ; તમને માલુમ પડશે કે ફોસ્ફરસને સળગાવે એટલી ઉણુતા ઝ્મ ધાથી ઉત્પન્ન થઈ.

ઝ્મ તમે જુએ છો કે ધર્ષણથી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે અને આગગાડીની ગતિને અટકાવનાર બ્રેકવ્હીલમાંથી અંધારી રાત્રે તનખા ઊડતા તમે દીઠા હો. * આ બધા બનાવોમાં ખરેખરી દેખીતી શક્તિનું રૂપાંતર ઉણુતા નામે શક્તિમાં થાય છે, જો કે એટલા ઝ્મ છે કે દેખીતી શક્તિમાં હોનાર

* પહેલાં ચક્રમક પર ગજવેલને જોરથી અથડાવી દેવતા પાડતા હતા તે પણ આનું દૃષ્ટાંત છે. ભા. ૬.

પદાર્થ આપો ગતિમાં હોયછે, અને તેના સઘળા રજકણો
એકજ દિશામાં એકી વખતે ગતિ કરેછે, પણ ઉબ્બુતામાં
તેના બિલ બિલ રજકણો ઉતાવળે આગળ જાયછે અને
પાછા આવેછે, તથાપિ તે આપો પદાર્થ સ્થિર હોયછે. એમ
તમે જુઓછા કે દૃષ્ટિગોચર શક્તિનું રૂપાંતર ઉબ્બુતામાં કરી
શકાય અને મારે વધારે કહેવાનું એ છે કે કેટલીક હદમાં
ઉબ્બુતાનું રૂપાંતર કરીને દૃષ્ટિગોચર શક્તિમાં કરી શકાયછે.
વરાળયંત્ર સાચી કામ કરી શકે છે ? તેના ઓહલરમાંનું પાણી
અજિથીજ ઉકળેછે કે નહિ ? એમાં બળતા કોયલા કે બળતાં
લાકડાંની ઉબ્બુતાશક્તિ વાસ્તવિક સાચેસાચી બદલાઈ જ
શક્તિ વડે પિસ્ટન ઉપર નીચે જ આવેછે અને ફ્લાઈ
બહીલ ચક્ર ચક્ર કરેછે તે દૃષ્ટિગોચર શક્તિનું રૂપ બદલા
કરેછે.

વસ્તુતઃ વરાળયંત્રોથી થાયછે તે સઘળું ઉબ્બુતા કરેછે. એમ
તમે શીખ્યા કે વાસ્તવિક શક્તિનું રૂપાંતર ઉબ્બુતામાં થઈ શકે
છે એટલુંજ નહિ, પણ વરાળયંત્રમાં ઉબ્બુતાનું રૂપાંતર પાછું
વાસ્તવિક શક્તિમાં કરી શકીએ છીએ.

વિદ્યુન્મયપદાર્થો.

૭૬. વાહક અને અવાહક.—એ હજારથી વધારે વર્ષોની પૂર્વે
જાણવામાં હતું કે કેરવાને હીર જેડે ધસવાથી તે હલકી વસ્તુ-
એને આકર્ષેછે; અને શુમારે ત્રણસેં વર્ષોપર ડાક્ટર ગિલ્બર્ટ
દેખાડ્યું હતું કે ગંધક, લાખ, કાચ વગેરે બીજી ઘણી ચીજોમાં
કેરવાના જેવા આ ગુણ છે.

વિદ્યુત કે વીજળી વિષે આપણા જ્ઞાનનો જુજ અને લઘુ
આરંભ એ હતા. હાલના સમયમાં એ જ્ઞાનનો વધારો એટલો
બધો ચમત્કારિક થયોછે કે આપણે એશિઆથી યુરોપમાં કે
યુરોપથી અમેરિકામાં એક સેકંડથી એછા કાળમાં સંદેશો
મોકલી શકીએ છીએ.

પ્રયોગ ૫૩ માં.—કાચના ડાટાવાળો ધાતુનો સળીએ લેહ્યે અને તેના કાચના ડાટા ઉપર રૈરામ (કે રૈરામી કપડું) ધરીએ. કાચ અને રૈરામને તપાવી પ્રથમ પૂર્ણ સ્પર્શ કરવાં જોઈએ. હવે કાચમાં કાગળના નાના કકડા કે બરેના ગરને આકર્ષણ કરવાની શક્તિ આવી છે, પણ જે ડોકાણે રૈરામ ધમ્ધું ત્યાંજ માત્ર એ શક્તિ છે. વસ્તુતઃ એમ ધસવાથી કાચને નવો ગુણ મળ્યો છે. પણ એ તેના આપ્તા પૃષ્ઠ ઉપર પ્રસરી શકતો નથી. કાચ વિષે એટલું જાણ્યા પછી ધારો કે ચાલતા વિદ્યુત્ ચંત્ર (ઇલેક્ટ્રિક મશીન) ના મુખ્ય વાહક (પ્રાઇમરિય) ને એ ધાતુનો સળીએ અડાડીએ. એમ તેનો સ્પર્શ થયા પછી તેનામાં કાચના જેવા ગુણો આવશે; અર્થાત્, કાગળ કે મોટા ગરના જેવી હલકી વસ્તુઓ પર તે આકર્ષણ કરશે, પણ એ સળીઆના સઘળા ભાગમાં એ શક્તિ આવેલી હોવાની; તેનો જે ભાગ વિદ્યુત્ ચંત્રને અડક્યો તેટલામાંજ તે ઘેરાઈ રહી નથી. વસ્તુતઃ વિદ્યુત્ સના ધાતુના પૃષ્ઠ ઉપર પ્રસરી શકે છે, અને કાચના પૃષ્ઠ ઉપર પ્રસરી શકતી નથી એ વાસ્તે કાચ વિદ્યુત્ અવાહક કહેવાય છે ને ધાતુ વિદ્યુત્ વાહક કહેવાય છે. વસ્તુતઃ ઉપરના અને વિદ્યુત્ એ બંનેથી કાચ ઉપર સહેલથી પ્રસરી શકાતું નથી અને એ બંને ધાતુ ઉપર ઝટ પ્રસરી શકે છે; તેમજ કોયલા, તેજબો, એમાંજ એવા આર, પાણી અને જનાવરોનાં શરીરો સારાં વિદ્યુત્ વાહક છે, પરંતુ ધાતુનાં જેવાં નહિ; રબર, સ્ફોકે વાયુ (હવા), રૈરામ, કાચ, મીણ, ગંધક, કેરો (તૃણમણી), લાખના તાર એ સર્વ મંદવાહક છે.

વિદ્યુત્ના પ્રયોગ કરવામાં કૃતેહ પામવી હોય તો વિદ્યુત્ એકવાર મળી કે તેને રાખવાની કેવળ જરૂર છે; વસ્તુતઃ તેને અવાહક પદાર્થો વડે ઘેરી લેવી જોઈએ. એ માટે સ્ફોકે હવામાં (જેવળ વગરના વાયુમાં) પ્રયોગ કરવા એ મોટી અગત્યનું છે, અને જે પદાર્થમાં વિદ્યુત્ હોય તેને કાચના પાયા ઉપર રાખવો.

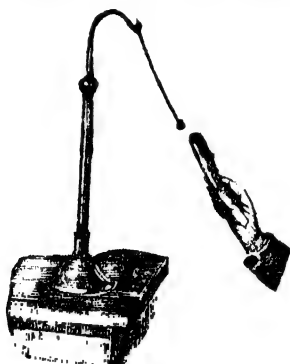
૭૭. વિદ્યુત્તની બે જાત. પ્રયોગ ૫૪ મો.—હવે મારે તમારી આતરી કરી આપવી છે કે એ વિરૂદ્ધ જાતની વિદ્યુત છે. એ સાબિત કરવાને ૩૯ મી આકૃતિમાં જે યંત્રનું ચિત્ર છે તે યંત્રનો ઉપયોગ કરીએ. એ યંત્રમાં કાચનો દાંડો અને તેને આંધેલી હીરની દોરીએ ખરના ગરની ગોળી છે. પહેલાં તો આપણે કાચના ખીજ દાંડાને રેશમે ધસીએ, અને એમ ધસેલા કાચના દાંડાને ગરની ગોળીને અડકાડીએ. એ કાચનો દાંડો અડવાથી ગરની ગોળી વિદ્યુતવાળી થશે અને તે વિદ્યુત તેમાંથી વહી જઈ શકશે નહિ, કારણ કે રેશમની દોરી, કાચનો દાંડો, અને ગરની ગોળીની આસપાસનો વા (શ્લોકો હોય તો) અવાહક છે. હવે આ તમે જોશો તો જાણારો કે કાચના દાંડાને ગરની ગોળીએ અડકાડ્યા પછી તે ગોળીને કાચનો દાંડો આકર્ષણ કરશે નહિ, અને તેથી ઉલટું તે દાંડો તેને પાછી ધકેલશે. એ પછી આપણે લાખની લાકડી લેઈ તેને ઊંકાળા સૂકા ફૂલાનલની ઉપર ધસીએ. હવે માલુમ પડશે કે વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલા કાચના દાંડાએ જે ગરની ગોળીને પાછી હડસેલી હતી તેને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ પોતાની બણી આકર્ષણ કરશે.

એ પરથી એમ જાણાય છે કે ગરની ગોળીને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયેલા કાચનો દાંડો પ્રથમ લગાડ્યા પછી તે ગોળીને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયેલા કાચનો દાંડો પાછી હડસેલશે, તથાપિ વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ તેને આકર્ષણ કરશે.

જે આપણે એથી ઉલટું કર્યું હોત એટલે ગરની ગોળીને પ્રથમ વિદ્યુત ઉશ્કેરાયેલા કાચને બદલે વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ અડકાડી હોત તો વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલી લાખ તેને પાછી હડસેલત અને વિદ્યુત ઉશ્કેરાયેલા કાચે તેને આકર્ષણ કર્યું હોત.

એ પરથી આપણને જ્ઞાન થાય છે કે એ જાતની વિદ્યુત છે—ઉશ્કેરાયેલા કાચથી મળે છે તે એક જાતની છે, અને ઉશ્કેરાયેલી લાખથી મળે છે તે બીજી જાતની છે.

ત્યારે આપણે ગરની ગોળીને ઉશ્કેરાયલા કાચનો સ્પર્શ કર્યો ત્યારે કાચમાંની વિદ્યુતનો કેટલોક ભાગ તેમાં ગયો; અને પછીથી તે ગોળીને ઉશ્કેરાયલા કાચે પાછી હડસેલી તે ઉપરથી આપણે અનુમાન કરીએ છીએ કે એકજ જાતની વિદ્યુતવાળા પદાર્થો એક બીજાને પ્રત્યાકર્ષણ કરે છે.



આકૃતિ ૩૯ મી.

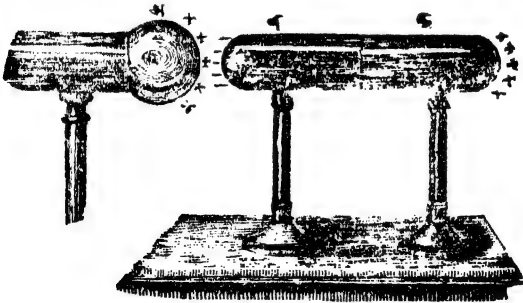
એટલે પાછા હડસેલે છે. પરંતુ ઉશ્કેરાયલા કાચમાંની વિદ્યુત ગરની ગોળીમાં હોય તો તે પર ઉશ્કેરાયલી લાખનું આકર્ષણ થાય છે; જો ઉશ્કેરાયલી લાખની વિદ્યુત તેમાં હોય તો તેના ઉપર ઉશ્કેરાયલા કાચનું આકર્ષણ થાય છે, અને તે ઉપરથી અનુમાન કરીએ છીએ કે વિરૂદ્ધ જાતોની વિદ્યુતોવાળા પદાર્થો એકબીજાને આકર્ષણ કરે છે.

૭૮. ન ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોમાં તેઓ ભેગી રહે છે.—આપણે એવું ધારવું કે હરેક વસ્તુમાં એ જો જાતની વિદ્યુત ભેગસેળ થયેલી કાંઈક પરિમાણમાં રહેલી છે, અને ધસવાથી આપણે જો કરીએ છીએ તે માત્ર એ વિદ્યુતોને એકબીજાથી છૂટી પાડીએ છીએ. લાખને ફૂલાનલપર ધરીએ છીએ ત્યારે એ અને જીત્રી પાડીએ છીએ, ખીજું કાંઈ કરતા નથી—એક જાત લાખને વળગે છે, અને ખીજી ફૂલાનલપર પાછળ રહે છે.

તેમજ કાચને રેશમ વતી ઉશ્કેરીએ છીએ તે વારે એ જાતની વિદ્યુતનો વિયોગ કરીએ છીએ, ખીજું કશું કરતા નથી, - એક જાત કાચ પર રહે છે અને ખીજું રેશમને વળગી રહે છે. ઘર્ષણથી બ્યારે વિદ્યુત ઉશ્કેરી બહાર આણવામાં આવે છે ત્યારે હમેશા એમજ બને છે, અને એ માંની એકજ જાતને, ખીજું જાતનીને તેટલીજ ઉશ્કેર્યાવિના ઉશ્કેરી રાકાતી નથી. સારારા કે આપણે વિદ્યુતને સરળવતા (કે પેદા કરતા) નથી; પણ આ મત પ્રમાણે આપણે એ વિરુદ્ધ જાતોને માત્ર છૂટી પાડીએ છીએ.

રેશમવતી ઘસવાથી કાચની દાંડીમાં જે વિદ્યુત દર્શન દે છે તેનું નામ પોઝિટિવ પાડવામાં આવ્યું છે, અને ફ્લાનલ પર ઘસવાથી લાખમાં દર્શન દે છે તેનું નામ નેગેટિવ પાડવામાં આવ્યું છે. વિદ્યુતની એ જાતોને ઓળખવાને માત્ર આ નામો પાડવામાં આવ્યા છે.

૭૧. ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોનો ન ઉશ્કેરાયલા પદાર્થો પર વ્યાપાર. — આપણે જોયું કે એકજ જાતની વિદ્યુતો એક એકને પ્રત્યાકર્ષણ કરે છે, એટલે પાછો હડમેલે છે, અને વિરુદ્ધ જાતની વિદ્યુતો એક ખીજાને આકર્ષણ કરે છે, પણ નીચે જે બિના લખી છે.



આકૃતિ ૪૦ મી.

તેમાં શું થશે તે હજી શીખવાનું રહ્યું છે. ૪૦ મી આકૃતિમાં એ પીતળના મોટા પોલા ગોળો છે, અને તેને ડાબે હાથે નળી છે.

તે પણ પીતળની રાખીએ; એ બેને કાચના પાયા ઉપર રાખ્યા છે., કારણ કે અ માં કાંઈ વિદ્યુત હોય તો તે જતી રહેવા ન પામે.

હવે બ અને સ એ પાત્રો છે. એ બંનેના ઉપલા ભાગ પીતળના છે, અને તેઓ આકૃતિમાં દરોળું છે તેમ મધ્ય ભાગે વિખૂટા પડી રાકે તેવા છે; બ અને સ બેહુને કાચના પાયા ઉપર મૂક્યા છે કે તેઓમાંના કોઈમાં વિદ્યુત હોય તો તે સટકી જઈ રાકે નહિ.

આપણે આરંભમાં ધારીએ કે અ પોઝિટિવ વિદ્યુત્તમય છે, તથા એ વેળા બ માં અને સ માં વિદ્યુત ઉશ્કેરેલી કે ભરેલી નથી. હવે બ ને અને સ ને અ ભણી ધકેલો. બ માં અને સ માં વિદ્યુતને ઉશ્કેરેલી કે ભરેલી નથી તેથી તેઓની એ વિદ્યુત એક બીજાથી જુદી પડી નથી, પણ મિશ્ર છે. પરંતુ તેઓને અ ની સમીપ આણે છે. ત્યારે અ ની પોઝિટિવ વિદ્યુત બ ની નેગેટિવ વિદ્યુતને પોતાની ભણી આકર્ષે છે. અને પોઝિટિવ ને આકૃતિમાં દરોળું છે તેમ સ ના જમણે છેડે હડસેલી મેલે છે.

હવે આપણે સ ને બ થી દૂર ખેંચી લેઈએ અને છેલ્લે બ ને અ થી દૂર ખેંચી લેઈએ તો બ માંની કેટલીક નેગેટિવ વિદ્યુતને અને સ માંની કેટલીક પોઝિટિવ વિદ્યુતને એક બીજાથી છૂટી પાડી અને અ માં તો જે વિદ્યુત હતી તેજ રહી.

વસ્તુતઃ આપણે અ માંની વિદ્યુતને બ ની અને સ ની કેટલીક વિદ્યુતને વખૂટી પાડવાના કામમાં લીધી, અને ફરીને મદદ કરવાને અ તો પહેલાંની પેઠે હજુ તૈયાર છે. આ દૂરનો વ્યાપાર અની વિદ્યુતે કર્યો કે મદદ આપી તેનું નામ વિદ્યુત પ્રોત્સાહન (ઇલેક્ટ્રિક ઇન્ડક્શન) પાડવામાં આવ્યું છે.

૮૦. વિદ્યુત્ત્તણ્ણો. — આપણે આપણા પ્રયોગ કાંઈક બીજી રીતે કરી રાખીએ. બ ને અને ક ને આસે આસે અની ભણી લાવીએ અને તેમ કરવું જરૂરી રાખીએ. ત્યારે અ અને બ એક

એકની ધણા પાસે આવશે ત્યારે અ ની પોઝિટિવ વિદ્યુત્ તથા
 બ ઉપર પ્રોત્સાહન કરેલી નેગેટિવ વિદ્યુત્ એક ખીજાથી માત્ર
 હવાથી જુદી રહેલી છે તેઓ અને એટલી બધી બળવાન થશે
 અને તેઓની વચ્ચેની હવાનું પડ એટલું પાતળું થઈ જશે કે
 તેઓ સામસામાં ધણી આવી તનખાના રૂપમાં બંને ભેગાં થઈ
 જશે. એનું પરિણામ એ થશે કે અ એ પોતાની પોઝિટિવ
 વિદ્યુત્માંથી થાડી ગુમાવી હશે અને બ એ પોતાની નેગેટિવ
 વિદ્યુત્માંથી થાડી ખોઈ હશે. હવે જો આપણે બ અને ક ને વાપૂ-
 ઠા પાડી એ તો એ ક પોઝિટિવ વિદ્યુત્મય છે, કેમકે તે તેમાંથી
 જતી રહી નથી; વસ્તુતઃ અ માં જેટલી પોઝિટિવ વિદ્યુત્ ગઈ છે
 તેટલી ક માં ઉમેરાઈ છે તેથી અ માંની કેટલીક વિદ્યુત્ ક માં ગઈ
 હોય તેવું પરિણામ ખરેખરે જોતાં થયું છે.

૯૧. કેટલાક પ્રયોગો.—વિદ્યુત્ પ્રોત્સાહન વિષે હમણા જે કહે-
 વામાં આવ્યું છે તેનું પ્રદર્શન થાડાક સાદા અને આશ્ચર્યકારક
 પ્રયોગો વડે સહેજથી થઈ શકે છે; પણ એટલું યાદ રાખવું કે એ
 પ્રયોગો કરવામાં યંત્રનો કાચ પૂર્ણ કોરો અને ઉંચાચો જોઈએ.

પ્રયોગ ૧૧ મો.—આ પાસેની
 આકૃતિમાં જે યંત્ર છે તેવડે આ-
 પણે વિદ્યુત્ને ખોળી કાઢી શકીએ
 છીએ. એ યંત્રનું નામ સુવર્ણ
 વરખ વિદ્યુત્દર્શક (ગોલ્ડ લીફ
 ઇલેક્ટ્રોસ્કોપ) છે તેનો વ્યાપાર
 દેખાડવાને તેની ટોચે ગોળી છે
 તેમાં થાડી પોઝિટિવ વિદ્યુત્
 મૂકીએ. એ વિદ્યુત્ સોનાના
 વરખ પર પહોંચે છે અને તેઓ એ



આકૃતિ ૪૧ મો.

ગોળી સાથે વિદ્યુત્ સંબંધે જોડાયે છે. એ વરખોમાં એક જ
 જાતની વિદ્યુત્ ભરાયાથી તેઓ, આકૃતિમાં દેખાય છે તેમ,
 એક એકને પાછાં ઠેલે છે. હવે વિદ્યુત્ દર્શકનો વ્યાપાર ચાલે છે.

પ્રયોગ ૫૬ મો.—એમ વિદ્યુત દર્શકમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત મુક્યા પછી તેની ટોચની પાસે ઉશ્કેરાયલા કાચનો દાંડો ધરીએ. એમ કરેથી સોનાના વરખો એમક ખીજથી વધારે વેગળે જશે. એમ થવાનું કારણ એ કે ઉશ્કેરાયલા કાચની પોઝિટિવ વિદ્યુત ટોચની નાન્યતર વિદ્યુતનું પૃથક્કરણ કરી તેમાંની નેગેટિવ વિદ્યુતને પોતાની ભણી આકર્ષે, અને પોઝિટિવને સોનાના વરખોમાં હડસેલી મેલે. માટે જો પૂર્વે એ વરખોમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત ભરેલી હતી તો તેઓ હવે એક એકથી વધારે દૂર જશે.

પ્રયોગ ૫૭ મો.—વિદ્યુત દર્શક અગાઉની પેઠે પોઝિટિવ વિદ્યુત વાળો છે તેવારે ઉશ્કેરાયલી લાખની લાકડી તેની ટોચની નજીક ધરીએ તો પ્રથમ માલુમ પડે કે સોનાના વરખો એક એકથી દૂર ગયાને બદલે એક એકની સમીપ આવી જશે. એમ થવાનું કારણ એ કે ઉશ્કેરાયલી લાખની નેગેટિવ વિદ્યુત તે ટોચની નાન્યતર વિદ્યુતનું પૃથક્કરણ કરી તેમાંની પોઝિટિવને પોતાની અંદર આકર્ષી લે, અને નેગેટિવને સોનાના વરખોમાં હડસેલી મેલે. પરંતુ પૂર્વે સોનાના વરખોમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત હતી તેમાંની કેટલીકને આ હડસેલાઈ આવેલી નેગેટિવ વિદ્યુત રદ કરશે અને વરખો પાછા પડે.

પ્રયોગ ૫૮ મો.—આ પ્રયોગમાં આપણે પીતળની પોલી ગોળી કે વાહકને કામમાં લેઈએ છીએ. એને કાચના પાયા ઉપર રાખેલીએ. વિદ્યુત ચંત્રને ચાલતો કરી તેની સોડે આ ધેરી રાખે તેવા વાહકને લાવીએ તો તેમાંથી તણખો બહાર કાઢી શકીશું, પણ તે ઘણું મંદ હોવાનો. હવે પોલી ગોળીને ચંત્રથી અતિ વેગળેના ભાગ પર આપણી આંગળી વતી અડકીએ ત્યારે તે ગોળીમાં તણખો આવશે તે ઘણું વધારે જોરાવર હોવાનો.

૮૦ મી કલમમાં એવા તણખાના કારણ વિષે જો કહ્યું છે તે આથી પ્રદર્શિત થાય છે. વસ્તુતઃ ચંત્રની પોઝિટિવ વિદ્યુત પોતાની ભણી પોલી ગોળીની નેગેટિવ વિદ્યુતને ખેંચે, અને પોઝિટિવને પોતાથી ખીજી શકે તેટલે દૂર હડસેલી મૂકે. પણ,

જો એ ગોળીમાં વીજળી ઘેરાઈ રહે તેમ કહ્યું હોય તો પોઝિટિવ-
ને જોઈ એ તેટલી દુર ધકેલી મૂકી શકાતી નથી તથા એ વિદ્યુત-
તોનો જોઈ એ તેટલો સારો વિયોગ કરી શકતા નથી, અને તેનું
પરિણામ એ થાય છે કે તનખો નબળો નીકળે છે. પરંતુ પીતળની
પોલી ગોળીને તમે અડકો છો તે ગોળીની પોઝિટિવ વિદ્યુતને
તમારા શરીરની વાટે પૃથ્વીમાં હડસેલી મૂકવામાં આવે છે ને તેથી
એ વિદ્યુતોનો વિયોગ સારો થાય છે અને તેથી તનખો સારો
નીકળે છે.

૮૨. અળીઓનો વ્યાપાર.—છેલ્લા પ્રયોગમાં તમે પીતળના
ગોળાને અડકી રહો અને સંચો જોડે ચાલતો રાખો તો એક
પછી એક એમ તનખા તમારી કાયામાં થઈ જમીનમાં જશે,
અને તેથી તમને કાંઈક અસુખ લાગશે. સાચું કહીએ તો એ
વિદ્યુત સંચાના તનખાને વીજળીનો સમકારો જોડે સરખાવી શ-
કાય-વીજળીનો સમકારો વસ્તુતઃ ઘણો લાંબો તનખો છે. જ્યારે
વીજળી કોઈ આદમીના ઉપર પડે છે ત્યારે તે વિદ્યુત તેના અંગ-
માં થઈ ભોંયમાં ઉતરી જાય છે, તેમજ જ્યારે છેલ્લા પ્રયોગમાં
ગોળાને આપણે ઝાલીએ કે અડીએ છીએ ત્યારે વિદ્યુત
આપણા તનમાં થઈ પૃથ્વીમાં જાય છે.

પ્રયોગ ૯૧ મો.—હવે આપણે એ પોલા ગોળાને એક અણી
લગાડી તેને ચંત્રના વાહકની નજીક આણીએ અને આગળની
પેડે આપણી આંગળી વેડે ગોળાને અડકી રહીએ. હવે ચંત્રમાં-
થી તનખો મેળવી શકારો નહિ, પણ તેને ઠામે વિદ્યુતનો સળંગ
પ્રવાહ ધસ્યો આવશે. વસ્તુતઃ વિદ્યુત જેટલી ત્વરાથી ઉત્પન્ન
થાય છે તેટલી ત્વરાથી તેને હરકોઈ આણીઆળી વસ્તુ લેઈ લે છે,
અને તેમને તનખો બનવાને એકઠી થવાનો વખત મળવા દેતી
નથી. જોયી ઈમારતોને મથાળે આણીઆળા ધાતુવાહકો મૂકવા-
માં આવે છે તેનો ઉપયોગ એ પરથી જણાય છે. તેઓ ઉપર
વીજળી પડી નુકસાન કરે તેથી બચાવવાને કાળે એ વાહકો
મૂકે છે. એ આણીઆળા ધાતુવાહકો જમીનમાં ઉતારેલા હોય

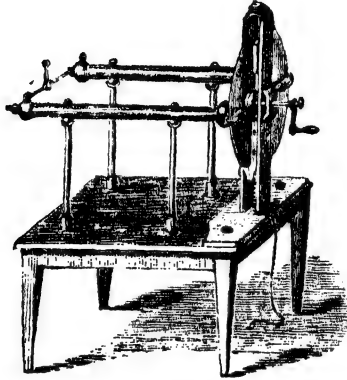
છે, અને ૫૮ મા પ્રયોગમાં અણીએ જો મ કયું તેમ તેઓ મુંગા મુંગા વિદ્યુતને (એટલે વીજળીને) ભૂમિમાં લેઈ જાયછે; અને જો તે અણીએ મારી આંગળીનું તનખાથી રક્ષણ કયું તેમ એ વીજળી વાહકો વીજળીના પડવાથી તેઓનું રક્ષણ કરેછે, અર્થાત્ વીજળીને તે ઈમારતો ઉપર પડવા દેતા નથી.

વીજળી અને વિદ્યુત એકજ છે એ પ્રથમ શોધનાર અમેરિકાનો ફ્રાન્ક્લિન નામે ફિલસુફ હતો—ભેદ માત્ર એટલોજ છે કે વીજળીનો અમકારો ઘણી વાર કેટલાક માઈલ લાંબો હોયછે અને વિદ્યુતનો તનખો માત્ર થોડા ઈંચ હોયછે.

૮૩. વિદ્યુત ચંત્ર.—હવે તમે વિદ્યુત ચંત્રની રચના સમજી શકો તેવી અવસ્થામાં છો. એ સંચાના બે ભાગ છે; પહેલામાં વિદ્યુત પેદા કરવાની ગોઠવણ હોયછે, અને બીજામાં તેને એકઠી કરવાની ગોઠવણ હોયછે.

૪૨ મા આકૃતિમાં જોનું ચિત્ર છે તે એવા સર્વોત્તમ ચંત્રોમાંનો એક છે. એમાં કાચની મોટી તકતીના ગોળ ભ્રમણથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાયછે. એ તકતી પોતાના ફરવાથી બે ધર્ષકોની જોડાની સાથે ધસાયછે. એ ધર્ષકો ઉપર અને નીચે હોયછે, અને તેઓ બહુધા ઘોડાના વાળ ભરેલી ચામડાની ગદેલીઓ હોયછે. ફરતા કાચની ઉપર તેઓ કાંઈક સખ્ત દબાણ કરેછે. તેઓની ઉપર કોઈ નરમ ધાતુનો લેપ હોયછે. ચામડાની ઉપર એ લેપ ચોપડોલો હોયછે. એ લેપ ઘણું કરીને એક ભાગ જસત, એક ભાગ કલાઈ અને એક ભાગ પારાનો ખનાવવામાં આવેછે. ધાતુની સાંકળી વડે એ ધર્ષકો એક એકની સાથે અને જમીનની સાથે જોડાયલા હોયછે. બ્યારે કાચના ગોળ તકતાને ફરવવામાં આવેછે ત્યારે કાચમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત પેદા થાયછે, અને ધર્ષકોમાં નેગેટિવ વિદ્યુત પેદા થાયછે. ધર્ષકોની નેગેટિવ વિદ્યુત તેઓને જોડનારી ધાતુની સાંકળીમાં પ્રવેશ કરેછે અને તે વાટે ભોંયમાં ઉતરી ત્યાં વિખરાઈ અને ફેલાઈ જાયછે, વસ્તુતઃ

જતી રહેછે. એમ નેગેટિવ વિદ્યુતના જવાથી કાચપર પોઝિટિવ વિદ્યુત રહેછે. કાચની આસપાસ એ પીતળના ગળુઆ છે. તેઓ ધાતુના મોટા પૃષ્ઠ સાથે જોડાયલા છે. એ



આકૃતિ ૪૨ મી.

પૃષ્ઠને વાહક કહેવામાં આવેછે અને તે આકૃતિમાં દેખાયછે. એ વાહકના પાયા કાચના છે તેથી જે વિદ્યુત તેમાં આવેછે તેને તે રાખી રાકેછે. કાચની તકતીની કને એ મોટા સળીઆ છે તેઓમાં ધાતુની અણીઓ છે. તમને કહેવામાં આવ્યું છે કે વિદ્યુતને એથી લેવાનો ગુણ અણીઓમાં ધણ છે. એનું પરિણામ એ થાયછે કે એ અણીઓ કાચની પોઝિટિવ વિદ્યુતને એથી લે છે કે તેનો સંગ્રહ કરેછે અને વાહકમાં લેઈ જાયછે. એ વાહકો કાચના પાયા ઉપર છે તેથી તે વિદ્યુત તેમાં (વાહકમાં) રહેછે. કાચની તકતીને જોઈએ તેટલી વારલગી ફેરવ્યાથી આપણે એ રીતે વાહકમાં પોઝિટિવ વિદ્યુતનો મોટો સંગ્રહ કરી શકીએ.

પ્રયોગ ૬૦ મો.—જ્યારે વિદ્યુત યંત્રના વાહકમાં વિદ્યુત ભરેલી હોય ત્યારે જોડું મારી આંગળીતેની પાસે ધરું તો તેવાહક

અને મારી આંગળીની વચ્ચે તનખો જાય છે. એનું કારણ એ છે કે તે વાહકની પોઝિટિવ વિદ્યુત મારી આંગળીમાં ભેગી રહેલી એ વિદ્યુતને છૂટી પાડી તેમાંની પોઝિટિવ તેજ જાતની હોવાથી તેને મારા પગની પાટલીની વાટે જૂમિમાં ધકેલી મેલી તેમાંની નેગેટિવને પોતાની અંદર આકર્ષી લે છે.

તે એ વિદ્યુત—વાહકમાંની પોઝિટિવ અને મારા આંગળીમાંની નેગેટિવ—પછી બહાર હવામાં ધસી આવી એકમેકને મળી જાય છે, અને તેમ કરવામાં તનખો બનાવે છે.

૮૪. લેડનજાર. પ્રયોગ ૬૧. મો.—એ પ્રમાણે તમે વિદ્યુત ચંત્રના થડમાં તમારી આંગળીને કે વેઢાને ધરો છો. અને તણખો નીકળે છે ત્યારે કાંઈ ભોકાતું હોય તેવું લાગે છે, તથાપિ કાંઈ વધારે થતું નથી; તમને ધક્કો લાગતો નથી. ધક્કો લાગવાને સાફ ૪૩ મી આદૃતિમાં છે. તેવા લેડનજારને પ્રયોગમાં લેવી જોઈએ. એ કાચની બરછી છે, અને તેના કાંઠાસૂત્રી અંદરથી તથા બહારથી કલાધનો વરખ લગાડેલો છે. છેડે ગોળ ગુંડાવાળો પીતળનો દોડો અંદરના વરખને લાગેલો છે. બરછીને ખૂચતો દોડો છે તેમાં થઈને એ દોડો અંદર ઉતરેલો હોવાથી સજડ રહેલો છે. એમ એ બરછીને વરખના એ લેપ છે, એક અંદર અને એક બહાર, અને વિદ્યુતના સંબંધમાં તેઓ એક એકથી છૂટા છે, કારણ કે કાચ વિદ્યુત વાહક નથી.

ધારો કે હું એ બરછીને મારા હાથમાં લઉં છું અને મારો હાથ તેના બહારના વરખ લેપને લાગેલો છે. ચાલતા વિદ્યુત સાંચાના વાહક આગળ અંદરનો ગુંડો ધરીએ. એથી વાહકની પોઝિટિવ વિદ્યુત બરછીની અંદરના વરખ લેપમાં

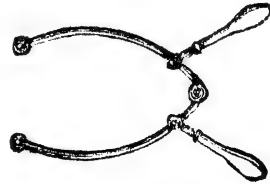


આદૃતિ ૪૩ મી.

પ્રવેશ કરશે. હવે તે બહારના વરખ લેપમાંની એ વિદ્યુતનાં

પૃથક્કરણ કરી મારા હાથની અને શરીરની વાટે પોઝિટિવને પૃથ્વીમાં હડસેલી મેલશે અને નેગેટિવને આકર્ષણ કરશે. વસ્તુતઃ લેપની માહિતે પડખે પોઝિટિવ વિદ્યુતની પલટન વરખલેપને બહારને પડખેની નેગેટિવ વિદ્યુતની પલટનની સામે આવી રહેલી હતી, અને બંને મળી જવાને આગુર છે પણ કાચે અટકાવેલી છે. એ બે વિદ્યુતો એક ખીજપર નજર રાખવામાં એટલી એકચિત્ત થઈ ગયેલી છે કે હું અંદરની બાજુએ ખીજ મોકલું છું તે દર્મિયાન તેઓ પોત પોતાને ઠામથી જરા ખસતી નથી. આ ખીજ વાર ભરેલી વિદ્યુત પણ આંગળીએ ધ્રુવ હતું તેજ કરવાની. બહારના લેપની બે વિદ્યુતોનું તે ફરીને પૃથક્કરણ કરશે, બહારની બાજુની પોઝિટિવ વિદ્યુતને ત્યાંથી મારા હાથને માર્ગે પૃથ્વીમાં હડસેલી મેલશે, અને નેગેટિવ વિદ્યુત બહારની બાજુના વરખમાં રહી અંદરના વરખમાં દાખલ કરેલી નવી પોઝિટિવ વિદ્યુત પલટનની સામી જોતી રહેશે. હવે બે પલટન અંદર અને બે બહાર એક ખીજપર નિઘા કરતી રહેલી છે, અને એ ક્રિયા જરી રાખવાથી બરણીની અંદર અને બહાર ચોંટોડેલા વરખોમાં વિરૂદ્ધ વિદ્યુતોનો મોટો જથ્થો એકઠો કરી શકીએ.

બરણીની એ બે વિદ્યુતોને કાઢી લેવી હોય તો બાજુપરની આકૃતિમાં પોડેલા આકારના ચીપીઆ વતી કાઢી શકાય. એના કાચના હાથા વડે તેને પકડવો, અને તેના એક અંગુઠાને બરણીના વરખને અડકાડવો, અને તેના ખીજને બરણીની અંદરના વરખને લાગેલા દાંડાના ગુંડાની પાસે હળવે હળવે લાવવો. બે ગુંડા સમીપ આવતાં વારને તેજસ્વી તણખો દેખાય છે અને તેની જોડે ધડકો થાય છે. એમ બરણીની વિદ્યુતો નીકળી જાય છે. જો આપણને



આકૃતિ ૪૪ મી.

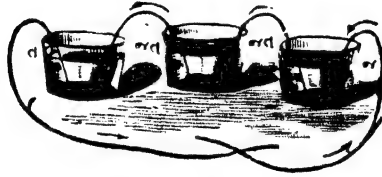
પોતાને ધક્કો લાગે તેમ કરવું હોય તો આપણે પોતાનો એક હાથ બરણીના બહારના વરખને લગાડવો, અને અંદરના વરખના લાગેલા દાંડાના ગુંડાની નજીક ખીજો હાથ આણવો. આપણા અંગની વાટે વિદ્યુતો નીકળી જશે. અથવા ધણુને તે લાગે તેમ કરવું હોય તો તેમણે સર્વે એક એકના હાથ ગ્રાહ્યા પછી એક છેડાપરના માણસે પોતાનો ખીજો હાથ બરણીના બહારના વરખને લગાડવો અને ખીજા છેડા પરના આદમીએ પોતાનો ખીજો હાથ બરણીના અંદરના વરખને લાગેલા દાંડાના ગુંડાને અડાડવો એટલે ધક્કો બધામાં થઈને જશે.

૮૬. વિદ્યુન્મય પદાર્થોનું શક્તિવાનપણું.—કહેવામાં આવ્યું છે તે પરથી તમારી ખાતરી થઈ શકે કે જેમાં શક્તિ છે એવી કોઈ વસ્તુ વિદ્યુત છે. તમે જુઓછો કે બરણીની બે વિરુદ્ધ વિદ્યુતો ધરી આવી મળી જાય છે. અને મળી જવાની જોડે અમકારો અને ધડાકો થાય છે. એ અમકારો રહે છે તેટલા વખત સૂચી ધણે તેજસ્વી છે; અને તે એક સેકંડના ચોવીશ હજારમા ભાગથી વધારે વખત રહેતો નથી, તથાપિ તે કેટલીક ઉષ્ણતાનું અનુમાન કરાવે છે. ઉષ્ણતા એ શક્તિ છે, અને એમ આપણે જોઈએ છીએ કે બરણીને ખાલી કરવામાં આવે છે ત્યારે જે જાતની શક્તિને આપણે વિદ્યુત કહીએ છીએ તે બદલાઈને જે ખીજા રૂપની શક્તિને ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ કહીએ તે રૂપ ધારણ કરે છે.

વળી, વિદ્યુત એ શક્તિવાન વસ્તુ છે. તેથી તેને ઉત્પન્ન કરવાને મહેનત પડે છે, કે કામ કરવું પડે છે; વિદ્યુત યંત્રને એ મહેનત કે કામ કરવાથી ટ્રેવીએ છીએ, પણ વિદ્યુતને લીધે વિશેષ કરીને તેને ફેરવવો કઠણ પડે છે. એમ તમે જુઓછો કે કશું કર્યા વિના કશું મળે નહિ; જો તમારે શક્તિવાન કામ કરનાર જોઈએ તો તે મેળવવાને તમારે મહેનત કે કામ કરવાની જરૂર છે. જ્યારે બે વિદ્યુતોનો સંબોગ થાય છે ત્યારે શક્તિ અંતર્ધાન ન થતાં માત્ર વિદ્યુત રૂપ બદલાઈને ઉષ્ણતાનું રૂપ ધારણ કરે છે.

૮૬. વિદ્યુત્ પ્રવાહો.—તમે જોયું કે ન્યારે અણીઆળા વાહ-
કને ચાલતા વિદ્યુત્ યંત્ર આગળ ધરવામાં આવેછે ત્યારે
(કલમ ૮૨ મી) વિદ્યુત્નો સતત વહેજો કે પ્રવાહ ચાલેછે, અને
તે અણીમાં થઈ તમારા શરીર વાટે ભૂમિમાં ઉતરી જાયછે.

પરંતુ જ્યારા વિદ્યુત્ પ્રવાહો મેળવવાને વિદ્યુત્ યંત્રથી વધારે
સાફ સાધન આપણી કને છે. એ સાધનનું નામ આટરી છે.
પ્રથમ આપણે એનું ટૂંકું વર્ણન કરીશું. વાહટા નામે ઈટાલી
દેશના વતનીએ તેને શોધી કાઢી માટે તેના નામપરથી તેને
વાહટેઈક આટરી કહેવામાં આવેછે. નીચલા ચિત્રમાં એ
આટરીની ગોઠવણ દર્શાવી છે. એમાં ત્રણ પ્યાલાં છે તેમાંનું
ડાબા હાથ ભણી પહેલું પ્યાલું છે તેમાં ડાબી મેર ત અક્ષરવાળું
પત્રું છે તે ત્રાંબાનું અને જમણી મેર જ અક્ષરવાળું પત્રું છે તે
જસતનું છે. એ જસતના પત્રાને તાર વળગાડેલો છે, અને
તે તારનો ખીજે છેડો વચલા પ્યાલામાં ડાબે હાથે ત અક્ષર-
વાળું એટલે ત્રાંબાનું પત્રું છે તેની જોડે સાંધેલો છે. એ વ-
ચલા પ્યાલામાં જમણી બાજુએ જ અક્ષરવાળું જસતનું



આકૃતિ ૪૫ મી.

પત્રું છે તે એજ પ્રમાણે ત્રીજા પ્યાલામાં ડાબે હાથે ત
ત્રાંબાનું પત્રું છે તેની સાથે તારથી જોડેલું છે. એ ત્રીજા
પ્યાલામાં જમણે પડખે જ જસતનું પત્રું છે. હવે
ધારો કે એ ત્રણ પ્યાલામાં જળ મિશ્રણ ગંધકનો તેજા
ભરેલો છે, અને આપણે ડાબા હાથે ભણીના પ્યાલામાંના ત્રાં-
બાના પત્રાને તાર જોડીએ, અને જમણી મેરના જસતના

પત્રાને પણ તાર જોડીએ, અને તે એ તારોના ખીજ છેડા-એને ચિત્રમાં છે તેમ જોડીએ. (એ તારોને બાટરીના પો-લવાયરો એટલે ધ્રુવતારો કહેવામાં આવેછે.) હવે માલૂમ પડશે કે પોઝિટિવ વિદ્યુતનો પ્રવાહ ચિત્રમાં તારના ફ્લૂ-આની દિશામાં ભ્રમણ કરેછે. તે ક્યાંથી નીકળીને ક્યાં જાય-છે તેનું પગલું કાઢીએ. ડાબા હાથ ભણીના પ્યાલામાં ત્રાંબાનું પત્રું છે તેમાંથી તે ઉત્પન્ન થાયછે, અને આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ડાબા તારમાં વહી જમણા પડખાના પ્યાલાના જસ-તના પત્રામાં પ્રવેશ કરેછે, ત્યાંથી પ્રવાહીની વાટે જઈ તે પ્યાલાના ત્રાંબાના પત્રામાં પેસેછે. તે પત્રામાંથી તારમાં થઈ વચલા પ્યાલાના જસતના પત્રામાં જાયછે અને તેમાં પ્રવા-હીમાં થઈ તેમાંના ત્રાંબાના પત્રામાં સંચરેછે, અને તેમાં થઈને તે ડાબી મેરના પ્યાલાના જસતના પત્રામાં જાયછે, અને ત્યાંથી તે પ્યાલાના પ્રવાહીમાં થઈને પ્રથમ જે ત્રાંબાના પત્રા-માંથી તે નીકળ્યો હતો તેમાં પ્રવેશ કરેછે.

૮૭. ઓવ બાટરી.—ઉપર વર્ણવેલી ગોઠવણ વાહટાની કરેલી હતી. પણ તેના સમય પછી વિદ્યુત પ્રવાહ મેળવવાની યુ-ક્તિમાં ઘણા સુધારા કરવામાં આવ્યાછે.

એવું માલૂમ પડ્યું કે વાહટાની ગોઠવણથી આરંભમાં પ્ર-વાહ બળવાન હોઈ થોડા વખતમાં નબળો પડી જતો; પણ ખીજ ગોઠવણ કરવામાં આવીછે તેવો વિદ્યુત પ્રવાહ એક સરખા બળનો જારી રાખી શકાય છે. જે બાટરીવડે એમ કરી શકાય છે તેને સતત બાટરી કહેવામાં આવેછે, અને જે એવી સર્વોત્તમ બાટરીએ છે તેઓમાંની એક ઓવ નામે વિદ્વાને બતાવીછે (આકૃતિ ૪૮ મી જુઓ). એ બાટરીમાં એવડાં પ્યાલાં છે, બહારનું પ્યાલું કાચનું અને તેની અંદર માટીનું સચ્છિદ્ર પ્યાલું હોય છે. બહારના કાચના (કે પત્થ-રના) પવાલાનો કેટલોક ભાગ જળ મિશ્ર ગંધકના તેજબથી ભરવામાં આવેછે, અને તેની માટે બહારને પાસે એમાલગમ

લગાડેલું જસતનું પત્રું આકૃતિમાં છે તેમ મૂકેલું હોય છે. એ કાચના પ્યાલામાં ખીજું છિદ્રાળુ પ્યાલું હોય છે. તે લખોટ્યા (કે ઢોળ ચડાવ્યા) વિનાના પોર્સેલેનનું હોય છે. એ છિદ્રાળુ પ્યાલામાં સુરાખારનો જલદ તેજાબ (નાઈટ્રિક આસિડ) રેડવામાં આવે છે, અને તે તેજાબમાં પ્લાટિનમનું પાત્રું પત્રું મૂકવામાં આવે છે. વાદટાની ગોઠવણમાં ત્રાંખાનું પટ્ટું છે તેને ઠામે એ પ્લાટિનમનું પત્રું છે.

હવે જ્યારે એ બાટરીમાં ક્રિયા ચાલવા માંડે છે ત્યારે જળ મિથ્ર ગંધકના તેજાબથી જસદ એગળે છે, અને તેમ થવામાં હાઈડ્રોજન વ્યાસ છૂટો પડે છે. પણ એ હાઈડ્રોજન વ્યાસ પરપોટાને રૂપે ઉપર ન આવતાં જે છિદ્રાળુ પાત્રમાં જલદ નાઈટ્રિક આસિડ છે તે પાત્રમાં જાય છે. ત્યાંજ તેમાંના નાઈટ્રિક આસિડનું પૃથક્કરણ કરી તેમાંના ઑક્સિજનને પોતે લેઈ લે છે તેથી પાણી બને છે (હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન મળીને પાણી બને છે.) અને તેણે કરીને નાઈટ્રિક આસિડનો નાઈત્રસ આસિડ બને છે, અને નારંગીના રંગના જલદ બાકને રૂપે તે દેખાવ દે છે. પ્લાટિનમ પત્રાપર એમ એ હાઈડ્રોજન પોર્સેલેન નથી: તેને પર્સેલેન અટકાવવાનેજ એ ગોઠવણ કરી છે, કેમકે વાદટાની મુળની બાટરીમાં જસત એગળવાની જોડે હાઈડ્રોજન છૂટો પડતો હતો તે ત્રાંખાના પત્રાને વળગતો હતો અને તેનું પરિણામ એ થતું હતું કે બાટરી મસ નબળી પડી જતી હતી.

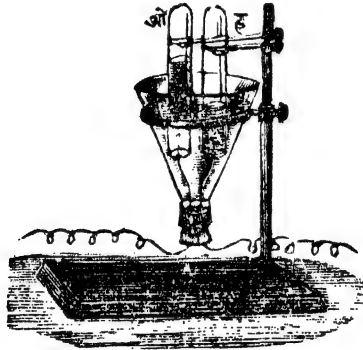
હવે આપણે ઓવ બાટરીનું માત્ર એક પવાલું કે પાત્ર વર્ણવું. દંડિજીમાં એને સેલ કહેવામાં આવે છે. એ પ્રકારની માટી બાટરીમાં એવાં ૫૦ કે ૧૦૦ સેલ હોય છે. ૪૫ મી આકૃતિમાં જે પ્રમાણે છે તેજ પ્રમાણે એક સેલના પ્લાટિનમને તાર લગાડેલો છે તે ખીજ સેલના જસતને સાંધેલો છે, અને ફેર એટલેજ કે ત્રાંખાને રચળે પ્લાટિનમ છે, અને એક પાત્રને ઠામે ઉપર કહ્યું તેવું એવડું પાત્ર છે. વાદટાની

ગોઠવણમાં જેમ પોઝિટિવ પ્રવાહ જસતમાંથી પ્રવાહીમાં થઈ ત્રાંબાના પત્રમાં જતો તેમજ આમાં (ગ્રોવ આટરીમાં) પ્રવાહીની વાટે પ્લાટિનમ પત્રમાં જાયછે.

૮૮. એ પ્રવાહના ગુણ.—વિદ્યુત્ પ્રવાહ શું કરી શકેછે તે હવે આપણે જોઈએ; અર્થાત્ આપણે થોડાક સાદા પ્રયોગો કરીએ.

પ્રયોગ ૬૨ મો.—ગ્રોવ આટરીને ચાલતી કરો અને તેના બે પોલ વાયરોની વચ્ચે પ્લાટિનમનો પાતળો તાર દાખલ કરો; તારોના છેડા જોડાશે અને પ્રવાહ ચાલશે એટલે પ્લાટિનમનો ઝીણો તાર તેથી લાલ થયેલો જણાશે.

પ્રયોગ ૬૩ મો.—ગ્રોવની આટરીને ચાલતી કરો, અને ૪૬ મી આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે તેમ પાણી ભરેલા બે ઊંધા મૂકેલા નળામાં તેના બે પોલ વાયરોને ધાલો. એ બે તારોની વાટે

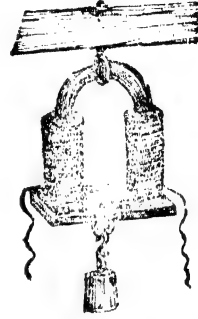


આકૃતિ ૪૬ મો.

આવતો વિદ્યુત્પ્રવાહ પાણીનું પૃથક્કરણ કરશે, અને એક નળામાં ઑક્સિજન અને બીજામાં હાઈડ્રોજન જણાશે. પ્લાટિનમના પત્રને જોડેલો તાર જે નળામાં હશે તેમાં ઑક્સિજન માલુમ પડશે અને જસત સાથે જોડેલો તાર જે નળામાં હશે તેમાં હાઈડ્રોજન માલુમ પડશે. એમ તમે જુ-

એણે કે એ બાટરીમાં પાણીનું પૃથક્કરણ કરવાની શક્તિ છે. ખીજા ઘણાક પ્રવાહીઓનું પૃથક્કરણ કરવાની શક્તિ એનામાં છે.

પ્રયોગ ૬૪ મો. — આ પ્રયોગમાં આપણી પાસે ઘોડાના નાળની પેંડે વાળેલા લોહનો સળીઓ છે, અને તેના બંને હાથાના ઉપર ત્રાંચાના તાર વાંટેલા છે. એ તારમાંથી વિદ્યુત જતી રહે નહિ માટે તે ઉપર દોરી લપેટેલી છે; એ તારના બે છેડાની સાથે બાટરીના પોલને જોડીએ. હવે બાટરીને ચાલતી કરવાથી માલમ પડશે કે તારથી વાંટેલા લોહમાં ખીજા લોહને આકર્ષવાની શક્તિ આવી છે, અને તેથી કરીને આકૃતિમાં બતાવ્યું છે તેમ લોહના બડા પત્રાને તેની જોડે લટકાવેલા



આકૃતિ ૪૭ મો.

બારે વજન સહિત તે પકડી રાખી શકે છે. પરંતુ એ નાળ અને બાટરીનું સાંધણુ તોડતાં વારને એ શક્તિ નાળમાંથી જતી રહે છે, અને જો બારે લોહને તેણે ઝાલી રાખ્યું હતું તે પુર્ત તેનાથી છૂટું પડી નીચે પડે છે.

પ્રયોગ ૬૫ મો. — કંઠણુ ગજવેલનો કકડો લેવો. યુંથવાની સાય લેઈશું તો ચાલશે. ઉપર કહેલા નાળને બાટરીના બે પોલને જોડવાથી તેમાં વિદ્યુત પ્રવાહ ચાલે છે તે વારે એ સાયને તેનાં બે હાથાને લગાડો. સાય તેને ઓઠી જશે, અને તેનામાં કેટલાક ગુણો આવશે. વિદ્યુત પ્રવાહને નાળથી છોટો પાડ્યા પછી પણ તે ગુણો તેનામાં રહે છે. ઉપલા ૬૪ મા પ્રયોગમાં નરમ લોહના પત્રામાં જો ગુણુ આવ્યો હોતો તે વિદ્યુત પ્રવાહનો સંબંધ તૂટવાની જોડે જતો રહ્યો હોતો તેમ આ સાયને થશે નહિ. ઉદાહરણ, એ સાયને મધ્ય ભાગે છીરની પાતળી દોરીનો એક છેડો બાંધી તેનો ખીજો છેડો ઝાલી

લટકાવીએ તો તે સદા ઉત્તર દક્ષિણ દિશામાં રહેશે. વસ્તુતઃ તે હોકાયંત્રની સાય બની હમેશા એજ દિશા દર્શાવશે અને તેવડે વહાણવટીએને સમુદ્રપર પોતાનાં વહાણોને ખરે માર્ગે હંકારવાને શક્તિમાન કરશે. જે કહણ ગળવેલમાં આ ગુણો હોય છે તેનું નામ લોહચુંબક છે. (ઈંગ્રેજીમાં તેને માગનેટ કહેછે).

પ્રયોગ ૬૬ મો.—લોહચુંબક ગુણવાળા સાયાને એક સાલ ઉપર આડો મૂકીએ. એ સાલ તેના મધ્યબિંદુને ટેકવે એમ મૂકીએ તો તે લગભગ ઉત્તર દક્ષિણ દિશા દેખાડશે. પણ વિદ્યુત્ પ્રવાહ જેનામાં ફરેછે તેવો તાર તેની સોડે આણીએ તો જણાશે કે એ સાયો ઉત્તર દક્ષિણ દિશામાં ન રહેતાં એ વિદ્યુત્ પ્રવાહવાળા તાર જેડે કાટખૂણા થાય તેમ રહેશે.

હવે વિદ્યુત્ પ્રવાહને તોડીએ તો સાયો પોતાની અસલ દિશામાં પાછો જઈરહેશે.

પ્રયોગ ૬૭ મો.—નીચેની આકૃતિમાં દેખાડેલી ગોઠવણ કરી ઉપલા પ્રયોગને કાંઈ વિશેષ પ્રદર્શિત કરીએ. ધારો કે એમરડાને એક છેડે આપણી બાટરી છે, અને દારી લપેટેલા એ તાર તે બાટરીના એ પોલને વળગાડેલા છે. તેએના બીજા એ છેડા એમરડાના છેક બીજા છેડાપર આણેલા છે, તથા ત્યાં તેએને જેડ્યા છે તેથી હવે બાટરીની ક્રિયા ચાલેછે. વળી બાટરીથી છેક વેગજેના બાગમાં લોહચુંબક સાય લટકાવેલા છે અને તારની સમીપ રાખીછે. એ તારના છેડા જેડ્યાથી વિદ્યુત્પ્રવાહ ચાલશે એટલે જોરથી તે સાય પોતાની દિશા બદલશે. હવે એમરડાને સામે છેડે બાટરી છે તેના એક પોલથી કોઈ આદમી તારને છૂટો પાડશે કે તેજ ક્ષણે વિદ્યુત્ પ્રવાહ અટકશે અને લોહચુંબક સાય પોતાની હમેશાની દિશામાં જઈ રહેશે.

૯૧. ફ્લેક્ટુઅલ ટેલિગ્રાફ.—એ ઉપરથી જણાય છે કે એમરડાને એક છેડે બાટરી છે તેની જેડેના તારનો સંબંધ

તોડવાથી (ઝંટલે તારને તેથી છૂટે પાડવાથી) ઝ્મારડાને ખીન્ને છેડે સોય છે તે તેજ ક્ષણે ચળેછે. આટરીના પોલની સાથે જોડેલા તારના ખીજા બે છેડાને બેગા કર્યાની પૂર્વે ૧૦૦ માઈલ કે ૧૦૦૦ માઈલ વેગળે લેઈ જઈએ તોએ ઝ્મજ પ્રમાણે બને. વિદ્યુત પ્રવાહને વહન કરનાર તાર જે આટરીને લાગેલા તે તે આટરીથી ૧૦૦૦ માઈલને છેટે હોય તોએ તેની બાજુએ લોહચુંબક સોય આણવાથી તે સોય પોતાના સ્થળેથી ચળશે અને તે તારનો ખીજો છેડો આટરીના પોલને એક હજાર માઈલને અંતરે જોડાયેલો હોય તોપણ તેને તે પોલથી છૂટે પાડતાં વારને વિદ્યુત પ્રવાહ ચાલતો હોય તે અંધ પડી જવાનો અને સોય પોતાની હંમેશાની જગ્યાએ જવાની. એ પરથી જણાયછે કે આટરીના પોલની જોડે તારનો સ્પર્શ કરવાથી અને તોડવાથી એક હજાર માઈલ દૂર રહેલી લોહચુંબક સોયને ચલિત કરી શકાય.

વાસ્તવિક કહેતાં આ ઇલેક્ટ્રિક ટેલિગ્રાફ ઝંટલે તારથી સંદેશ પહોંચાડવાનો અત્કારિક યંત્ર ચાલેછે તેનું મુળ આ છે. અમેરિકામાં કે યુરોપમાં શું બને છે તે જણાવનાર શક્તિ આ છે. આ વિષયનો પૂરતો વિગતાર હું અહીં કરી શકતા નથી, તથાપિ તમે ઝંટલું તો જોયું કે ૧૦૦૦ માઈલને અંતરે રહેલી સોયને ચલિત કરી શકાય તેમ છે, અને જેમ બહેરાં અને મુંગાં માણસોને માટે કરેલા મૂળાક્ષરો છે તેમ એ સંજ્ઞાઓથી અબર આપી શકાય તેવું છે.

૯૦. સમાપ્તિ.—વિદ્યુત પ્રવાહ શું કરી શકેછે તેનું માન હવે તમને થયું. પાતળા તારમાં થઈને જતાં તે તેને તપાવેછે, એ તમે પહેલું જોયું; ખીજું તમે એ જાણ્યું કે તે પાણીનું તથા ખીજું મિથ્રણનું પૃથક્કરણ કરેછે; ૩ શું તમે શીખ્યા કે નરમ લોહાને તે જોરાવર લોહચુંબક બનાવેછે, પણ વિદ્યુત પ્રવાહ તેમાં ફરતો અંધ થવાથી તે ગુણ તેમાંથી જતો રહેછે; ૪ શું, કઠણ ગજવેલને તે સ્થાયી લોહચુંબક કરેછે; ૫ અંચમું અને

છેલ્લું તમે એ જાણ્યું કે તે હોકાયંત્રની સાથેને વિચલ કરેછે અને તે વડે ઘણે વેગે સ્થિત તાર મોકલી રાકાયછે.

આ ઘણા મનોરંજક અને ઉપયોગી વિષયનો અહીં વિસ્તાર કરી શકતા નથી, પરંતુ સમાપ્તિમાં હું તમને યાદ દેવડાવુંછું કે તમને હવે દ્રવ્યની કાર્યકારક પ્રકૃતિ વિષે કેટલુંક જ્ઞાન થયું. સૌથી પહેલું ગતિમાન પદાર્થો વિષે, પછી ધ્રુજતા પદાર્થો સંબંધી, પછી તપેલા પદાર્થો વિષે, અને છેલ્લે વિદ્યુત ઉશ્કેરાયલા કે વિદ્યુત ભરેલા પદાર્થો વિષે તમને કહેવામાં આવ્યું; અને એ બધા વિષયો સંબંધી શીખવવામાં એવું જણાવવાનો ચત્ત કરવામાં આવ્યોછે કે પદાર્થમાં જે કાર્યકારક શક્તિ હોય તે કદી વાસ્તવિક ગુમ થતી નથી કે નાશ પામતી નથી. બેરાક તે કોઈ ખીજ પદાર્થમાં જાય, કે તે પોતાનું રૂપ બદલે, દૃષ્ટિગોચર શક્તિ ટળી તે નાદ (અવાજ) બને, કે ઉષ્ણતા બને, કે વિદ્યુત થાય, કે ભિન્ન ભિન્ન પ્રકારે રૂપાન્તર થાય, પરંતુ દ્રવ્યના એકે કણનો નાશ થતો નથી તેમ તેનો પણ થતો નથી.

દ્રવ્યો રૂક્ત રૂપ બદલેછે, એક મિશ્રણમાંથી છૂટા પડી ખીજમાં ભળેછે એ મૂળ નિયમ પર જેમ રસાયન વિદ્યા રચાયલી છે, તેમ કાર્યકારક શક્તિ માત્ર રૂપ બદલેછે અને બિલકુલ નાશ કદી પામતી નથી એ મૂળ નિયમ પદાર્થવિજ્ઞાનનો પાયો છે. આજ ખીજરૂપ નિયમ છે. એનો પૂર્ણ વિસ્તાર ખીજે યોગ્ય પ્રસંગે કરવામાં આવશે.

રમરણમાં રાખવાની બાબતો.

આખીસ તોલાના એક પાઉન્ડ (શેર) ની બરોબર સાત હજાર ગ્રેન છે.

હાથમાંથી પત્થરને પડવા દેઢ એ તો તે પહેલા સેકંડ કાળમાં સાળ કુટ પડેછે.

ધાતુઓમાં સર્વથી મજબૂત ગજવેત્ર છે, પણ ટીપ્પાથી પ્રસરણ પામવાનો શુભ સંઘર્ષો ધાતુઓ કરતાં સોનામાં વધારે છે; ૫૦ ફુટ લાંબા અને ૪૦ ફુટ પહોળા ઝોરડાની બધી ભા-ય પર પથરાઈ રહે એક પત્તું એક ઘન હંચ સોનાને ટીપ્પાથી કરી શકાય છે.

ઘન પદાર્થોમાં સર્વથી કઠણ હીરો છે; અર્થાત્ તેવો તમામ વસ્તુઓ પર ઘસરકો પાડી શકાય છે, પણ તેના ઉપર કોઈ વસ્તુથી ઘસરકો પાડી શકાતા નથી.

એક ઘન હંચ પાણીનો ભાર લગભગ ૨૫ ગ્રેન જેટલો છે, અને તેમાંથી ચાર ઘન હંચ પાણીનું વજન લગભગ ૧૦૦૦ ગ્રેન છે.

૧૦૦ ઘન હંચ વા (હવા)નું વજન ૩૧ ગ્રેન છે.

૧૦૦ ઘન હંચ કાર્મોનિક આમિડનું વજન ૪૭ ગ્રેન છે.

૧૦૦ ઘન હંચ હાઈડ્રોજનનું વજન માત્ર બે ગ્રેન છે.

વાતાવરણનું દબાણ બળ પારાના ૩૦ હંચ ઊંચા સ્તંભને અને પાણીના ૩૦ ફુટ ઊંચા સ્તંભને ટેકવી શકે છે.

વામાં (હવામાં) નાદ (કે અવાજ) નો વેગ એક સેકન્ડ કાળમાં ૧૧૦૦ ફુટ છે.

કોઈવાદિત્રની દોરી (કે તાર) એક સેકન્ડ કાળમાં ૫૦ વખત ધ્રુજે તો તેથી ઊંચા નીચા સુર થાય છે; એક સેકન્ડ કાળમાં તે ૧૦,૦૦૦ વખત ધ્રુજે તો તેથી તીણા ઊંચા સુર થાય છે.

એક પાઉંડ બરફને ઝોગાળવાને જેટલી ગરમી જોઈએ તેટલીથી ૭૯ પાઉંડ પાણી એક અંશ ઊનું થાય છે. એક પાઉંડ ઉકળતા પાણીને ઉકળતું રાખી તેની વરાળ કરી દેતાં જેટલી ઉષ્ણતા જોઈએ તેટલીથી ૫૩૩ પાઉંડ પાણીમાં એક અંશ ગરમી આવે છે.

એક સેકન્ડ કાળમાં અજવાળું લગભગ ૧,૯૦,૦૦૦ માઈલ દૂર શકે છે.

લેડન જ્વરમાંના તનખા એક સેકન્ડ કાળના ચાવીસ હજારમા ભાગ સુધી માત્ર રહેછે.

યંત્રો વાપરવા સંબંધી સૂચનાઓ.

પાઠ ચલાવવા માંડ્યાની અગાઉ ટેબલ ઉપર યંત્રો મુકવા અને નિત્ર નિત્ર પ્રયોગો કરવાના હોય તે પોતે સહેલથી કરી શકેછે એવી પોતાની ખાત્રી શિક્ષકે અગાઉથી કરવી. પાઠ પૂરો થયે યંત્રોને તેઓની યોગ્ય જગ્યાએ સંભાળથી મુકવા.

એરપંપનું પિસ્ટન તેના સિલિન્ડરમાં ખૂબ એસતું રહે તેમ કરવાને લાર્ડ લગાડવાની સંભાળ લેવી. એડ પ્લેટ ઉપર રીસીવર પણ મપ્પટ એસે તેમ કરવું, અને તેમ થાય માટે તેને મસ લાર્ડ લગાડવાની જરૂર છે. એમ કરવામાં આવ્યું હોય તો રીસીવર તેના એડ પ્લેટ ઉપર સરળપણે અને અવાજ કર્યા વિના ફરી શકવો જોઈએ; પણ જો કાંઈ ધસાતું હોય તેવો અવાજ થાય તો જાણવું કે કોઈ કંઈ વસ્તુ નોંચે. એ વસ્તુને કાઢી નાંખવાને રીસીવરના તળીઆને સંભાળી લુંછીને સાફ કરવું અને લાર્ડ ફરીને લગાડવું. પંદરમી આકૃતિમાં અર્ધ ગોળા છે તેઓને પણ આ લાગુ પડેછે.

૨૮ મા પ્રયોગમાં ડબ્બાને કાર્બોનિક આસિડ ગ્યાસથી ભરવાને ગ્યાસ લેઈ જનારી નળીને ડબ્બાના તળીઆની છેક નજીક ઉતારવી પણ તળીએ અડવા દેવી નહિ.

૨૯ મા પ્રયોગમાં ડબ્બાને હાઇડ્રોજન ગ્યાસથી ભરવાને ઊંધો રાખવાનો છે. એટલે તળીયું ઉપર રહે તેમ રાખવાનો છે. ગ્યાસ લેઈ જનારી નળીને તે તળીઆની લગભગ થડમાં ચઢાવવી.

૪૫ મા પ્રયોગ કરવા માંડ્યા પહેલાં કેટલાક કલાક અગાઉ એ પ્રયોગના કામમાં લેવાના તમામ યંત્રને ઠંડા એરમાં રાખવા.

ફોસ્ફરસ વાપરવામાં ઘણી સંભાળ લેવાની જરૂર છે, કેમકે તે સહજ સળગી ઊઠેછે. એને પાણીમાં રાખી મૂકવું એને ખપ પડે ત્યારે તેમાંથી કકડો કાપી તે કકડાને બ્લાટિંગ પેપરથી સારી પેઠે સ્ક્રેકા કરવો.

પારો ઝાંખો પડી જાય ત્યારે કાગળના કકડાની ગરણી બનાવી તેની અણીમાં ટાંકણીના માથા જેવડું કાણું રાખી તેની હેઠે કાચકે ચીની વાસણુ રાખવું. એ ગરણીમાં આસેતે આસેતે પારો રેડી નીચેના વાસણુમાં તે કાણુ વાટે ગળવા દેવો. એમ કરેથી તે પાછો ચક્રચક્રિત થશે.

ખીજી ધાતુનો સ્પર્શ થઈ પારો બિગડે નહિ તેવી સંભાળ લેવી. બાટરીમાં લગાડવાને સાફ થોડો પારો જુદા રાખવો.

વિદ્યુત યંત્ર (ઇલેક્ટ્રિક મશીન) ને ચલાવવા માંડવાની પૂર્વે તેના કાચને સારી પેઠે ઊંજો કરવો. એ માટે તેને તેની કોરની બણીથી દેવતા આગળ રાખવો. એને વખતે વખતે તેનો હાથ ફેરવવો; એમ કરેથી તે કાચના બધા ભાગને તાપ લાગશે. આ શીખામણુ ધ્યાનમાં રાખવામાં નહિ આવે તો કાચમાં તડ પડવાનો સંભવ છે.

ઇલેક્ટ્રોસ્કોપમાં ઘણી વિદ્યુત ભરવી નહિ. ઘણી ભરેથી સોનાના વરખો બરણીની બાજુએ તરફ ધકેલાઈ ફાટી જશે. ઇલેક્ટ્રોસ્કોપમાં વિદ્યુત ભરવાને મશીનમાંથી એક નાનો તણુ ખોલેડન જરમાં મૂકો. પછી ઇલેક્ટ્રોસ્કોપને તેના ઝુંડાવતી અડકો. વિદ્યુતને ઘેરી રાખનારા વાહકના કાચના પાયાને પણ ઊંજો અને સ્ક્રેકા રાખવા જોઈએ.

ગ્રોવ બાટરીમાંના જસતને અમાલ્ગમ (રસાયન પ્રથમ પોથી જુવો) મસ લગાડવો. જે જે ધાતુએ બાટરીને સ્પર્શ કરેછે તેઓનાં સ્પર્શબિંદુએ પૂરાં ચળકતાં હોવાં જોઈએ.

બહારની સેલોમાં માપાથી એક ભાગ જલદ ગંધકનો તેજખ અને આઠ ભાગ પાણી ભરવું (એટલે એક માપું તેજખ તો આઠ માપાં પાણી).

ગ્રોવ બાટરીમાંના છિદ્રાણુ સેલોને પ્રયોગને અંતે પાણીમાં મસ બોળવાં ; અને તેમજ જસત અને પ્લાટિનમનાં પત્રોને પણ સારી પેઠે સ્વચ્છ કરવાં.

૬૬. આ પ્રયોગમાં જો એ નાનાં પીત્તળનાં પવાણાંમાં બાટરીના તારોના છેડાને બોળવાના છે તેઓમાં પારો ભરવાની જરૂર છે.

પ્રશ્નો.

પ્રસ્તાવના.

૧. પદાર્થ વિજ્ઞાનની વ્યાખ્યા.—૧. એ જુદી જુદી જાતની વસ્તુઓનાં ઉદાહરણુ આપો.

૨. એ બિન પ્રકારના સ્વભાવ કે પ્રકૃતિનું ઉદાહરણુ આપો.

૨. ગતિની વ્યાખ્યા.—૧. ગતિ સમજ્યા પહેલાં એ વાત જાણવી જોઈએ તેઓ કહા છે તે કહેા.

૨. એક માણસ એક સરખે ડગલે સવા એ કલાકમાં આઠ માઈલે હીંડેછે અને બીજો માણસ એક કલાકમાં ચાર માઈલ ચાલેછે તો વધારે ઉતાવળે ચાલનાર કોણ ?

૩. જો કોઈ માણસ અઠી કલાકમાં દશ માઈલે હીંડે તો તેનો હીંડવાનો દર કેટલો ? તોપણ ગોળા પા સેકન્ડમાં ૬૬૦૦ ફુટ જાયછે તો તેની ગતિનો દર કેટલો ?

૩. બળની વ્યાખ્યા —૧. બળ કોને કહેવું ?

૨. જે પદાર્થ ચિયર હોય તેને ગતિ આપે એવા પ્રયોગ વડે બળનું ઉદાહરણુ આપો.

૩. ગતિવાળા પદાર્થને થોભાવનાર પ્રયોગ વડે બળનું ઉદાહરણુ આપો.

૪. કોઈ બળની કૃતિ બીજું કોઈ બળ અટકાવેછે એવું પ્રયોગવાળું ઉદાહરણુ આપો.

સૃષ્ટિ (કુદ્રત) નાં મુખ્ય બળો પાનું ૭.

૧. ગુરુત્વની વ્યાખ્યા.—૧. વસ્તુઓમાં ભાર છે તેનું કારણ શું ?

૨. ધારો કે તમે પૃથ્વીની માહિતી ભાગનો (ઉપરનો પોપોડા બીભા રહેવાને રાખી) નાશ કરી શકોછો; એમ કરેથી સીસાના ગઢાના ભારમાં કોઈ ફેર પડશે ?

૩. ધારો કે તમારી નીચે પૃથ્વી ન હોય એવા અવકાશમાં (આલી જગામાં) તમારા હાથમાં એક પાઉંડ (શેર) સીસું છે, તો તે સીસામાં બાર હશે કે નહિ ?

૨. અવલંબાકર્ષણની વ્યાખ્યા.—૧. અવલંબાકર્ષણનું એક ઉદાહરણ આપો.

૨. ગુરુત્વ અને અવલંબાકર્ષણની વચ્ચે મોટામાં મોટો લાક્ષણિક ભેદ શો છે? ઉદાહરણ વડે તમારા ઉત્તરનો પ્રકાશ કરો.

૩. રસાયની આકર્ષણની વ્યાખ્યા.—૧. રસાયની આકર્ષણનો દાખલો આપો.

૨. આ બળનું વિશેષ લક્ષણ શું છે ?

૪. બળોનો ઉપયોગ.—ગુરુત્વ ન હોત તો શું થાત ?

૨. અવલંબાકર્ષણ ન હોય તો શું બને ?

૩. રસાયની આકર્ષણ ન હોય તો શું થાય ?

ગુરુત્વાકર્ષણની કૃતિ શી રીતે થાય છે.—પાનું ૧૧.

૧. ગુરુત્વમધ્યબિંદુ.—૧. કોઈ પદાર્થનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ એટલે શું ?

૨. શું પ્રત્યેક વસ્તુને ગુરુત્વમધ્યબિંદુ હોય છે ?

૩. પદાર્થને ગતિ કરવાને છૂટ હોય તો તે પોતાના ગુરુત્વમધ્યબિંદુને કેવી રીતે મુકશે ?

૪. ભારે પદાર્થના અનિયમિત સપાટી પત્રાનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ કાઢવાની વ્યવહારિક રીત કઈ છે ?

૫. જો આખું પત્રું એક સપાટીમાં ન હોય તો એ રીત કામમાં લેઈ શકાય તેવી છે કે નહિ? તમારા જવાબનું કારણ કહો.

૨. કાંટો (ત્રાજવું).—૧ સાધારણ કાંટાનું ચિત્ર દોરો.

૨. જો બિંદુએ કાંટાને ઝૂલતો રાખ્યો છે, તે બિંદુથી જોઈ કાંટાનું મધ્યબિંદુ કેમ ન હોઈ શકે ?

૩. કાંઠાની દાંડીને એક પાસે ખસેડ્યા પછી તે કોઈ મુ-
કરર સ્થળે પાછી શા માટે આવેછે ?

દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થાઓ.—પાનું ૧૪.

૧. દ્રવ્યની ત્રણ અવસ્થાઓનાં નામો કહો.

૨. એ ત્રણમાંની કેમ અવસ્થામાં દ્રવ્યમાં અવલંબાકર્ષ-
ણ વધારેમાં વધારે છે ?

૩. પાણીમાં કાંઈક અવલંબાકર્ષણ છે, એવું દર્શાવનાર પ્ર-
યોગનું વર્ણન કરો.

૪. પાણીમાં કાંઈક અવલંબાકર્ષણ છે, એવું દેખાડનાર
પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૫. ધનની વ્યાખ્યા કરો.

૬. પ્રવાહીની વ્યાખ્યા કરો.

૭. વાયુ (વ્યાસ) ની વ્યાખ્યા કરો.

ધનોના ગુણો—પાનું ૧૬.

૧. ધનનો આકાર કે કદ ફેરવવો એ શું તદ્દન અશ-
ક્ય જ છે ?

૨. લોહના સળીઆને તોડવાની કે તેના આકાર બદલવા-
ની ભિન્ન ભિન્ન રીતોનાં નામો દો.

૩. પાટડાને જેટલું વજન લગાડવામાં આવે તેના લગભગ
પ્રમાણમાં તે વળેછે, એવું દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૪. હ મા પ્રયોગમાં દશ પાઉંડ ભાર લગાડવામાં આવ્યોછે,
તેથી પાટડાનું મધ્યબિંદુ એક અગ્રીઆરાંશ મંચ નમ્યું છે,
જો અકાલીસ પાઉંડ ભાર લગાડવામાં આવે તો તે મધ્ય-
બિંદુ જેટલું નમે ?

૫. પાટડો એવો મૂકવામાં આવે કે તેના પૃષ્ઠ ઉપર ન
રહેતાં તેની ઊંડાઈ ઉપર રહે તો તેને વજન લગાડવાથી એ-
છા નમે એ સમજાવવાના પ્રયોગને વર્ણવો.

૬. ધન બાંધણીની મૂળ સ્થિતિમાં પાછા આવવાની
મર્યાદાનો અર્થ શો ?

૭. હમારત બાંધનારે (મિસ્ત્રીએ, ગઢારે, કે ઇંજનેરે)
ધ્યાનમાં રાખવાની કેમ એ અવશ્યની આવતો છે?

૮. એક પ્રયોગવડે ઘર્ષણની વ્યાખ્યા કરો.

૯. ઘર્ષણ ન હોય તો શું થાય?

પ્રવાહીઓના ગુણો, પાનું ૨૧.

૧. કદ વ્યને આકાર કે રૂપ.—૧. પોતાના વર્તમાન રૂપમાં
રહેવાનું જ્યારે વજણ પ્રવાહી દર્શાવે છે કે નહિ?

૨. પોતાના વર્તમાન કદમાં રહેવાનું જ્યારે વજણ પ્રવાહી
દર્શાવે છે કે નહિ? પ્રયોગ વડે તમારા ઉત્તરનો પ્રકાશ કરો.

૨. પ્રવાહીનું દબાણ બીજાને લાગે છે.—૧. પ્રવાહીનું દ-
બાણ બીજાને લાગે છે એવું દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૨. પ્રવાહીઓનું દબાણ બધી દિશામાં થાય છે એવું દે-
ખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૩. પ્રવાહીઓનો છેલ્લો કહેલો ગુણ કોણે રોધી કાઢ્યો?

૪. પિસ્ટન (ડાટા) ઉપર પ્રવાહીનું દબાણ તે પિસ્ટનના
ક્ષેત્રફળ કે પૃષ્ઠના પ્રમાણમાં છે એવું બતાવનાર પ્રયોગનું
વર્ણન કરો.

૫. જેની બાબત એ ઇંચ છે તેવા સમચારસ ડાટા કે પિ-
સ્ટનના પૃષ્ઠ ઉપર પાણીનું દબાણ દશ પાઉંડ છે તો તેમજ
મુકેલા જે પિસ્ટનની બાબત ત્રણ ઇંચ છે તેના પૃષ્ઠ ઉપર
કેટલું દબાણ થશે?

૩. જળસંકોચ યંત્ર.—૧. જળસંકોચ યંત્રનું એટલે
પાણીવડે દબાણ કરવાના યંત્રનું વર્ણન કરો અને ચિત્ર
કાઢો.

૨. જળસંકોચ યંત્રના મોટા પિસ્ટન (ડાટા) નું ક્ષેત્રફળ
તેના નાના પિસ્ટનના ક્ષેત્રફળથી એંશી ગણું વધારે છે.
નાના પિસ્ટન (ડાટા) ને પંદર પાઉંડનું બળ લગાડ્યું છે,
તો કેટલા બળથી મોટું પિસ્ટન ઊંચું ચડશે?

૩. જળસંકોચ યંત્રનું નાનું પિસ્ટન જેટલી ત્વરાથી નીચે
ઉતરશે તેટલી ત્વરાથી મોટું પિસ્ટન ઊંચું ચડશે કે નહિ?

૪. પ્રવાહીઓ પોતાની સપાટીઓ શોધી કાઢેછે.—
૧. પારાના અથવા હરકોઈ ખીજ પ્રવાહીના છૂટથી રહેલા
પૃષ્ઠ ઉપર ગુરુત્વાકર્ષણની દિશા લંબમાં હોયછે એ દર્શાવ-
નાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. જળસપાટીનું ચિત્ર કાઢો અને વર્ણન કરો.

૫. ઊંડા પાણીનું દબાણ.—૧. પ્રવાહીનું દબાણ તેની
ઊંડાઈના પ્રમાણમાં છે, અને ઉપલી અને નીચલી બંને મેર
થાયછે એ દેખાડનાર પ્રયોગનું ચિત્ર ચિત્રો અને વર્ણન કરો.

૨. કોઈ સરોવરના પૃષ્ઠથી દશ ફૂટ ઊંડાઈએ કોઈ વસ્તુનું
પૃષ્ઠ છે તેની ઉપર તે ઊંડાઈએ સરોવરના પાણીનું દબાણ છ
પાઉંડ છે તો પચીસ ફૂટની ઊંડાઈએ તેના ઉપર કેટલું
દબાણ થશે?

૩. અમુક આપેલા ઊંડાણમાં સરોવરના કદ પ્રમાણે દબાણ
શુદ્ધ શુદ્ધ હશે કે?

૪. ઊંડા પાણીમાં સીસા ડૂબાવી એ દબાણ શી રીતે પ્રદ-
ર્શિત કરી શકશો?

૬. પાણીની તારક શક્તિ.—૧. પ્રયોગની મદદથી
પાણીની તારક શક્તિની વ્યાખ્યા કરો.

૨. કોઈ વસ્તુને પાણીમાં જોખવાથી તે હલકી થયલી દેખા-
યછે, તથાપિ તેનું વજન કેવળ જનું રહ્યું નથી એ પ્રયોગથી
દર્શાવો.

૩. કોઈ વસ્તુને પાણીમાં તોળવામાં આવેછે ત્યારે તે વસ્તુ-
ના કદના જેટલા પાણીનું જે તોલ હોય તેટલુંજ તે વસ્તુનું
તોલ ઘટેછે એ દર્શાવવાનો પ્રયોગ કરો.

૪. લોટું પાણીમાં ડૂબેછે શા માટે?

૫. ખૂચ પાણીમાં તરેછે શા માટે?

૬. કોઈ સીજ પાણીમાં ડૂબેએ નહિ અને તરે પણ નહિ
એમ ક્યારે (શું હોય તો) બને?

૭. સાપેક્ષ ઘટત્વ.—કોઈ પદાર્થનું સાપેક્ષ ઘટત્વ કે
વિશેષગુરુત્વ એટલે શું?

૨. સ્વચ્છ સોનાની ઢાળકી હવામાં તોળતાં સત્તાવન એન થાયછે, અને પાણીમાં તોળતાં ચાપન એન થાયછે તો એનું વિરોધયુક્ત કેટલું છે ?

૩. વિરોધયુક્ત નક્કી કરવાની રીતની શોધ કોણે અને ક્યે પ્રસંગે કરી ?

૪. સોનાની એક ઢાળકી વેચનાર કહેછે કે તે ચોખ્ખા સોનાની છે. એને વામાં બેખીએ તો ઘાતેર એન તેનું તોલ થયું, અને પછી પાણીમાં બેખી ત્યારે સીતેર એન થયું તો એ ચોખ્ખું સોનું અહં કે નહિ ? તમારા જવાબનું કારણ કહો.

૫. એક પત્થરને ભાંગી તેના એક ક્કડાને હવામાં તોળતાં તેનું વજન ૨૦૦ એન થયું અને પાણીમાં તોળતાં ૧૫૦ એન થયું. તેજ પત્થરના ખીજ ક્કડાનું તોલ હવામાં ૫૬૦ એન થાયછે તો તેનું પાણીમાં કેટલું થશે ?

૬. ખીજ પ્રવાહીઓની તારક શક્તિ—૧. તારક શક્તિ ભારે પ્રવાહીમાં વધારે કે હલકા પ્રવાહીમાં ?

૨. જે પ્રવાહીમાં લોહ તરેછે તેનું નામ કહો.

૩. માણસને મીઠા પાણીમાં તરવું સહેલું પડે કે ખારા પાણીમાં ?

૪. જેમાં માણસ ખૂટે નહિ એવું પાણી ક્યાં છે ? તે સ્થળનું નામ શું ?

૬. કેશાર્કર્ષણ.—પાણી પોતાની સપાટીથી જંચું ચડે એવો એક દાખલો આપો.

૨. જે પદાર્થ વાપરવામાં આવેછે તેના ઉપર પાણીનું આકર્ષણ થવાથી તે જંચું ચડેછે એ પ્રયોગથી દેખાડો.

૩. પારાને એ પ્રકારનું આકર્ષણ ક્યો પદાર્થ કરેછે ? વાયુઓ (ગ્યાસો) ના ગુણો-પાનું ૩૨.

૧. વાયુનું દબાણ અને ભાર.—વાયુ અને પ્રવાહીમાં લાક્ષણિક ભેદ શો છે ?

૨. પૃથ્વી વાને આકર્ષેછે કે ધકેલી કાઢેછે ? તમારા ઉત્તરને પ્રયોગ વડે પ્રદર્શિત કરો.

૩. કેટલાક ગ્યાસો સરખે કદે વાથી (હવાથી) વધારે બારે છે એ પ્રયોગ વેડેઆડો.

૪. પ્રયોગથી બતાવો કે સરખે કદે કેટલાક ગ્યાસો વાથી હલકા છે.

૫. જેમ પાણીનો મહાસાગર તેના તળીઆપર દબાણુ કરેછે તેમ વાયુનો મહાસાગર પૃથ્વી ઉપર દબાણુ કરેછે કે નથી કરતો ?

૬. ટેબલ ઉપર કાગળ હોય તે તેના ઉપરના વાના બારને લીધે ટેબલ ઉપર ખૂબ દબાણુ નથી કરતો તેનું કારણ કહો. તમારા ઉત્તરને પ્રયોગથી પ્રદર્શિત કરો.

૭. વામાં તારક શક્તિ છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. બેરોમીટર અને તેના ઉપયોગો.—૧. બેરોમીટરનું વર્ણન કરો.

૨. એ યુક્તિ કોણે શોધી કાઢી ?

૩. બેરોમીટરમાં પારાની ઊંચાઈ ઘણુંખંડે કેટલી હોયછે ?

૪. ઊંચા પર્વતના શિખરપર બેરોમીટરને લેઈ જવામાં આવે તો એ ઊંચાઈ વધે કે ઘટે ?

૫. ટોરિસેલી અવકાશનો અર્થ શો ?

૬. હવાની હાલત પ્રમાણે પારાના સ્તંભની ઊંચાઈ ઘણું કરીને શી રીતે બદલાયછે ?

૩. એરપંચ—૧. ડાટો (પિમ્પટન), નળો (સિલિન્ડર), અને વાલ્વ (ઢાંકણું) એ સમ્પેદાના અર્થ કહો.

૨. એરપંચનું ચિત્ર કાઢો અને તેની કૃતિનું વર્ણન કરો.

૩. એરપંચ ઉપરની હાંડીમાં ૯૦ ઘનઠંચ છે, અને નળામાં ૧૦ ઘનઠંચ છે. ડાટાને (પિમ્પટનને) એક વાર પૂરો ખેંચવાથી હાંડીમાંનો વા કેટલા પ્રમાણમાં બહાર નીકળશે ?

૪. વાટરપંચ (જળપંચ કે પાણીનો અંબો) સાચકન—

૧. બેરોમીટર બનાવવામાં પારાને કેકાણે પાણી કામમાં લેઈએ તો સ્તંભની ઊંચાઈ વધે કે ઘટે ?

૨. જળ બેરોમીટરમાં સ્તંભની ઊંચાઈ શુમારે કેટલી હોય?

૩. સાધારણ વાટરપંપનું ચિત્ર ચિત્રો અને તેની કૃતિનું બ્યાન કરો.

૪. પાણીના પ્રદાનની અને નીચલા વાલ્યની વચ્ચેનું અંતર ૩૦ ફુટથી વધારે હોય તો પંપ ચાલે નહિ તેનું કારણ શું?

૫. એ પંપને ઊંચા પર્વતના શિખર ઉપર કામે લગાડવો હોય તો ૪ થી પ્રશ્નમાં અંતર કહ્યું છે તે શા વાગે ફેરવવું જોઈએ?

૬. પંપને ચલાવવા માંડ્યા પહેલાં કોઈવાર પિસ્ટન ઉપર થાકું પાણી છાંટવું પડે છે, એમ કરવાનો હેતુ શો?

૭. સાયક્રનનું ચિત્ર દોરો અને તેના (સાયક્રનનો) ઉપ-યોગ શી રીતે કરવો તે સમજાવો.

ચલિત પદાર્થો, પાનું ૮૫.

૧. શક્તિ અને કામ—૧ શું શક્તિ કોઈ પદાર્થ છે, ભાવ, વિકારો કે વૃત્તિઓ છે?

૨. કોઈ પદાર્થ શક્તિમાન છે એમ કહેવાનો અર્થ શો?

૩. શક્તિથી ભરપૂર અવસ્થામાં પદાર્થ હોય એવા દાખલા આપો.

૪. શક્તિનું માપ શી રીતે કરવામાં આવે છે?

૫. કામનો એકમ શો છે?

૬. ગુરૂત્વાકર્ષણની સામે પડે પાઉંડ ભાર ૧૦૦ ફુટ ઊંચે ખેંચ્યો તો કેટલું કામ થયું?

૭. તોપનું મુખ્ય બળું આકાશ ભણી રાખી તેને છોડી ત્યારે તેમાંથી ૨૦૦ પાઉંડ ભારનો ગોળા ૮૫૦ ફુટ ઊંચો જઈ પાછો ફર્યો તો તે ગોળાની શક્તિ કેટલી?

૨. ચલિત પદાર્થથી થતું કામ.—૧. એક પાઉંડ ભારે પથરને દર સેકન્ડે ૩૨ ફુટ જાય એટલા વેગથી ઉપલી મેર ફેંક્યો તો તે ૧૬ ફુટ ઊંચો જશે; તેમાં કેટલી શક્તિ હશે?

૨. ઉપર કહેલા વેગથી વજનમાં ચાર પાઉંડ એવા પથ-

રને ઊંચે ફેંકીએ તો તે ફેંટલે ઊંચે જશે અને તેમાં શક્તિ ફેંટલી હશે ?

૩. ત્રણ પાઉંડ ભારે પથ્થરને પ્રતિ સેકન્ડે ૧૮ ફુટ (એટલે એવડા) વેગથી ઊંચે ફેંક્યો તો ફેંટલો ઊંચા જશે અને તેનામાં શક્તિ ફેંટલી હશે ?

૪. દર સેકન્ડે ૧૦૦૦ ફુટના વેગે છૂટેલો તોપનો ગોળો સાગનાં છ પાટીઆને ભાકી તેઆની અંદર ઘૂસેછે; એવાજ ગોળાને એનાથી એવડા એટલે દર સેકન્ડે ૨૦૦૦ ફુટના વેગથી ફેંકીએ તો એવાં ફેંટલાં પાટીઆં તે ભાકશે ?

૩. નિવૃત્તિમાં પદાર્થની શક્તિ.—૧. વાઘ કે સિંહ ઊંઘ-તો હોય કે શાંત બેડા હોય તે વારે તેનામાં શું બિલકુલ શક્તિ નથી ? જો તેનામાં શક્તિ છે તો તે કયા પ્રકારની છે ?

૨. પથ્થરાના ઢગલામાં તેની સ્થિતિને લીધે શક્તિ હોય એવું ઉદાહરણ આપો.

૩. કોઈ તળાવાદિક જળભંડારમાં શક્તિ ક્યારે હોયછે ?

૪. પવનચક્કી જે શક્તિનો ઉપયોગ કરેછે તે કયા પ્રકારની છે ?

૫. નિવૃત્તિમાં રહેલી શક્તિ, જે હજી કામ લાગેલી નથી તેવીમાં ચલિત શક્તિથી વધારે લાભ શો છે તે ઉદાહરણથી સમજાવો.

ધ્રુજતા પદાર્થો, પાનું ૫૦.

૧. ધ્રુજણી.—નાદ કે અવાજ.—૧. કોઈ વસ્તુ ગતિમાં છતાં એટલે હાલે છે, પણ પોતાનું સ્થળ બદલતી નથી એવા પ્રયોગવાળું ઉદાહરણ આપો.

૨. આ વિશેષ પ્રકારની ગતિનું કયું નામ પાડવામાં આવ્યું છે ?

૩. ધ્રુજતો પદાર્થ આસપાસના વાયુ ઉપર એક પછી એક ધાત કરે છે કે નહિ ?

૪. એ ધાત આપણા કાનમાં લાગેછે ત્યારે તે લાગણીને આપણે શું કહીએ છીએ ?

૨. શોર અને સુસ્વર.—૧. હવા ઉપર એક ધાત કરેછે તેવા પદાર્થનું ઉદાહરણ આપો.

૨. વાયુપર એક પછી એક ઘણા ધાત કરેછે તેવા પદાર્થનો દાખલો આપો.

૩. એક ધાતનું કામ કાન ઉપર વાગવું થયાથી જો લાગણી થાયછે તેને આપણે શું કહીએ છીએ ?

૪. એક પછી એક ઘણા ધાત કાનપર થાયછે તેથી જો લાગણી થાયછે તેને આપણે શું કહીએ છીએ ?

૫. ઊંડા નીચા સુરની અને તીણા ઊંચા સુરની વચ્ચે પ્રાકૃતિક ભેદ શો છે ?

૬. ઉદાહરણથી સમજાવો કે નાદ એક પ્રકારની શક્તિ છે અને કામ કરી શકેછે.

૩. વાયુમાં નાદની ગતિ.—૧. જો પ્રયોગથી સિદ્ધ થાયછે કે નાદને કાનપર આણવાને વાયુ (હવા) જોઈએ તે પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. તોપ વા ઉપર ધાત કરેછે ત્યારે વાના જો રજકણોને ધાત વાગેછે તેઓ પૈંડ હડસેલાઈ છૂટથી તેનો અવાજ સાંભળનાર માણસના કાનપર જઈ પહોંચેછે કે ?

૩. જો એમ નહોત તો તેઓની ગતિ કાન પર્થેત શી રીતે જાયછે ? તમારા ઉત્તરને પ્રયોગથી પ્રદર્શિત કરો.

૪. લખોટાની રમત પરથી એ સમજાવો.

૪. ગતિનો વેગ—૧. તોપથી નીકળેલા અવાજને કાનપર્થેત આવતાં વખત લાગેછે તેનો પુરાવો આપો.

૨. વામાં કેટલા વેગથી અવાજ (નાદ) ચાલેછે ?

૩. પાણીમાં કેટલા વેગથી નાદ (અવાજ) ચાલેછે ?

૪. લાકડામાં કેટલા વેગથી નાદ ચાલેછે ?

૫. કોઈ આદમી તોપથી કેટલેક અંતરે છે, તેણે તોપનો ઝબકારો દીઠા પછી સાડા પાંચ સેકન્ડે તેનો અવાજ સાંભળ્યો એ તોપથી તે કેટલે અંતરે છે ?

૫. નાદનું પરાવર્તન—પડધો.—૧. પડધાનો પ્રાકૃતિક ખુલાસો કરો.

૨. પ્રકારાત્મી પેઠે નાદને પણ ફેકસ છે. એ દર્શાવનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૩. લંડનમાં સંતપાલનું દેવળ છે. તેમાં કાંઈ વિશેષતા છે. તે પરથી નાદનો એક ગુણ જાણાય છે. તે દર્શાવો.

૬. કહેલા સુર પ્રમાણે ધ્રુજણીનો દર શોધવાની રીત.—૧. એક મેકેડમાં હરકોઈ સુર ઉત્પન્ન થવાને ધ્રુજણીની જે સંખ્યા જોઈએ તે શોધો કાઠમાના ઝાઝરનું ચિત્ર કાઢો અને વર્ણન કરો.

ઉજળુ થયલા પદાર્થો પાનું ૫૮.

૧. ઉજળુતાની પ્રકૃતિ (પ્રથમ દર્શન).—૧. ઉજળુ પદાર્થ (તપેલો પદાર્થ) શીતળ પદાર્થથી વધારે ભારે છે કે ?

૨. ઉજળુ પદાર્થમાં શીતળ પદાર્થ કરતાં વધારે શક્તિ છે કે ?

૩. ઉજળુતા (ગરમી) જો કોઈ પ્રકારની ગતિ છે, તો તપેલા પદાર્થના રજકણો હાલતા (ગતિમાં) કેમ નજરે પડતા નથી ?

૪. ધ્રુજતા પદાર્થમાં જે આવેલો પર લક્ષ લગાડવાનું છે. તેમાં કેઈ છે ?

૫. ઉજળુ પદાર્થમાં જે આવેલો લક્ષમાં લેવાની છે, તેમાં કેઈ છે ?

૨. ઉજળુ થયેલા પદાર્થનું વિસ્તાર પામવું.—૧. ધાતુનો સળીમાં તપાવવાથી વધારે લાંબો થાય છે. એ દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૨. પાણીથી ભરેલા કાચની પોત્રી ગોળી તપે છે. ત્યારે શું બને છે ?

૩. જે તૃતીયાંશ વાથી ભરેલો ટુકડો તપે છે. ત્યારે શું થાય છે ?

૩. થર્મામીટર અને તે બનાવવાની રીત.—૧. જે પા-
શનું થર્મામીટર કહેવાય છે તેનું સામાન્ય વર્ણન કરો અને તેની કૃતિની રીત સમજાવો.

૨. પારાના થર્મોમીટરને ભરવાની અને અંધ કરવાની યુક્તિનું વર્ણન કરો.

૩. પારાના સેન્ટિગ્રેડ થર્મોમીટર પર અંશ પાડવાની યુક્તિનું વર્ણન કરો.

૮. એને સેન્ટિગ્રેડ થર્મોમીટર કહેવાનું કારણ શું ?

૫. સેન્ટિગ્રેડ માપ ઉપર લોહીની ગરમી કેટલી છે ?

૪. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ રૂપી પદાર્થોનું કૂલબું કે વિસ્તાર પામવું.—૧. કાચ અને સીસું એ બેમાંથી વધારે કયું કૂલે છે ?

૨. પ્લાટિનમ અને જસત એ બેમાંનું કયું વધારે કૂલે છે ?

૩. ઘન કરતાં પ્રવાહી વધારે કૂલે છે એ થર્મોમીટરથી સિદ્ધ કરો.

૪. એાઈની ગરમી કરતાં વધારે ગરમીમાં પ્રવાહી એાઈ એાઈ ઉતાવળે કે વધારે ઉતાવળે કૂલે છે ?

૫. શું પ્રવાહી એાઈ વાયુ એાઈ (ગ્લાસ) વધારે કૂલે છે ?

૬. ઉષ્ણતા વિના ખીજ કોઈ કારણથી વાયુ એાઈ કૂલે છે કે ?

૭. વાથી પૂરો ભરાયેલો નહિ એવા કૂકાનું પાણી હાર (પાણીનું બરફ થાય તે) બિંદુ એાઈ ૧૦૦૦ ઘન સેન્ટિગ્રેડ છે તો ઉકાળ (પાણી ઉકળે તે) બિંદુ એાઈ કેટલું થશે ?

૮. પ્રવાહી એાઈ અતિ ઘણા બળથી કૂલે છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૯. શીતળ થવામાં સંકોચન બળ ઉત્પન્ન થાય છે તેનો ઉપયોગ ગાડીનાં પેડાં બનાવવામાં શો થાય છે તે બતાવો.

૫. વિશેષ ઉષ્ણતા.—૧. કોઈ વસ્તુની વિશેષ ઉષ્ણતા એટલે શું ?

૨. ઘણી વિશેષ ઉષ્ણતાવાળી કોઈ વસ્તુનું નામ દો.

૩. ઘણી થોડી વિશેષ ઉષ્ણતાવાળી કોઈ વસ્તુનું નામ દો.

૪. ખીજ અને ત્રીજ પ્રમના ઉત્તરોને પ્રયોગ વડે પ્રદર્શિત કરો.

૬. રૂપાંતર કે અવસ્થાન્તર.—૧. કોઈ વસ્તુને ગરમ કરવાથી કયા અનુક્રમે તેની અવસ્થા બદલાય છે ?

૨. લોહના એક કકડાને ઘોળો થતાં સૂધી તપાવ્યોછે, અને ખીન્નને તેનો રસ થઈ ગયો એટલો તપાવ્યોછે, તો એ એમાંથી વધારે ઉષ્ણતા કયામાં છે ?

૩. લોહના એક કકડાને તાપ દેઈ એમાંથી એક અને ખીન્નને તાપ દેઈ તેની વરાળ કરીછે તો એ એમાંથી વધારે ગરમી કયામાં છે ?

૪. જે પ્રવાહીને હજી સૂધી થીજવી શક્યા નથી તેનું નામ કણો.

૫. જે વાયુ (ગ્યાસ) ને આજ્વર્યત પ્રવાહી કરી શક્યા નથી તેનું નામ દો.

૬. કોઈ વસ્તુમાં ઉષ્ણતા કેટલી છે તે માપવાને આપણી સ્પર્શદ્રિયનો બરોસો રાખી શકીએ કે નહિ ?

૭. રિકેક્ટોરી એટલે હઠીલો પદાર્થ એના અર્થ શો ?

૮. મેટ્રિથ્રેડ થર્મોમીટર ઉપર બરફનું એમાંથી બિંદુ કયું છે અને પાણીનું ઉકાળ બિંદુ કયું છે ?

૭. પાણી અને વરાળની ગુણ ઉષ્ણતા.—૧. પાણીની ગુણ ઉષ્ણતાની વ્યાખ્યા પ્રયોગ વેડે કરો.

૨. ૦° સી. ઉષ્ણતામાનના એક પાઉંડ બરફમાં ૧૦૦° સી. ઉષ્ણતામાનનું ઉકળતું પાણી ભેળીએ તો મધ્ય ઉષ્ણતામાન ૫૦° સી. થી વધારે થશે કે એમાં ?

૩. પ્રયોગવેડે વરાળની ગુણ ગરમીની વ્યાખ્યા કરો.

૪. ૦° સી. ઉષ્ણતામાને બરફની શીતળતાના એક પાઉંડ પાણીમાં ૧૦૦° સી. ઉષ્ણતામાનની એક પાઉંડ વરાળ ભેળીએ તો મધ્ય ઉષ્ણતામાન ૫૦° સી. થી વધારે થશે કે એમાં ?

૫. પાણીની ગુણ ઉષ્ણતા ૭૯ છે એ કહેવાનો અર્થ શો ?

૬. વરાળની ગુણ ઉષ્ણતા ૫૩૭ છે એમ કહેવાનો અર્થ શો ?

૭. પાણીની ગુણ ઉષ્ણતા ઘણી થાડી હોય તો કેટલાક દેશોમાં શું બને ?

૮. વરાળની ગુપ્ત ઉષ્ણતા ધણી થાકી હોય તો શું ખતે ?

૯. ખરી વરાળ અદ્ભુત છે, એ દેખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૮. ઉકળવું અને સુકાવું.—ઉકળવું અને સુકાવું એ બેમાં ભેદ રો છે તે કહો.

૨. પાણીના ઉકાળ બિંદુનો આધાર શા ઉપર છે ?

૩. પહાડને ચોખ્ખરે ઉકાળ બિંદુ વધારે ઊંચું હશે કે વધારે નીચું હશે ? કારણ કહો.

૪. આણને તળીએ વધારે ઊંચું હશે કે વધારે નીચું હશે ? કારણ કહો.

૫. દબાણ ઘટવાથી ઉકાળ બિંદુ ઉપર જે અસર થાય છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગ વર્ણવો.

૬. ધનાવસ્થામાંથી પ્રવાહી અવસ્થામાં જતાં પાણી ફૂલે છે કે સંકોચાય છે ?

૭. એ બાબતમાં ઉલટું વર્તનાર કોઈ વસ્તુનું નામ દો.

૮. પ્રવાહી રૂપમાંથી વાયુ રૂપમાં જતાં પદાર્થો ફૂલે છે કે સંકોચાય છે ?

૯. એક ઘન ઈંચ પાણીની વરાળ કેટલી જગ્યા રોકે ?

૯. ઉષ્ણતાનાં બીજાં કાર્યો.—થીજની દેનાર મિશ્રણો.—૧. જેમાં ગરમીથી રસાયનક્રિયાને ઉત્તેજન મળે છે એવું ઉદાહરણ આપો.

૨. રસાયનકૃતિથી ઘણું કરીને ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થાય છે કે નહિ ?

૩. બે વસ્તુઓના મિશ્રણ થવામાં ઉષ્ણતામાન એમણું થાય છે એવું ઉદાહરણ આપો અને તેમ થવાનું કારણ સમજાવો.

૪. જે પ્રવાહીની ઉતાવળે વરાળ થઈ જાય છે, તે અતિ-શય શીતળ સામાન હોય છે ?

૫. પાણીને તેની વરાળ કરવાથી થીજવી શકાય છે, એ દેખાડનાર પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૧૦. ઉબ્ધુતાનું પ્રસરણ.—૧. ઉબ્ધુતામાં શું પોતાની મેળે પ્રસરી જવાનું વલણ સદા હોયછે ?

૨. કેમ કેઈ બિન્ન રીતાએ તે એ પ્રમાણે કરેછે ?

૩. ઉબ્ધુતાવહનનું ઉદાહરણ આપો; ઉબ્ધુતાસંચારણનું ઉદાહરણ આપો. કિરણ પાતનનું ઉદાહરણ આપો.

૧૧. ઉબ્ધુતાવહન અને ઉબ્ધુતાસંચારણ.

૧. કાચ કરતાં ધાતુમાં ઉબ્ધુતાવહન રક્તિ વધારે સારી છે તે દર્શાવનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૨. ઊન અને પીંછાં સારાં વાહક છે કે નહારાં વાહક છે ?

૩. એવા પદાર્થો ઉબ્ધુતાને અંદર ક્યારે રાખેછે ?

૪. એવા પદાર્થો ઉબ્ધુતાને બહાર ક્યારે રાખેછે, અર્થાત્ પેસવા ક્યારે નથી દેતા ?

૫. ત્રાંચું લોહાર્થી વધારે સારું વાહક છે એ દેખાડનાર પ્રયોગને વર્ણવો.

૬. વહન અને સંચારણમાં લાક્ષણિક ભેદ શો છે ?

૭. પાણીવાળા વાસણને તળીએથી તાપ લગાડવાથી તેમાંના પાણીમાં પ્રવાહ ચાલશે તે એમાંની દિશા ચિત્રો.

૮. તળાવના પાણીનું અરથ થઈ જવામાં સંચારણથી આજંબો પડે છે તે સમજવો.

૯. વાયુના સંચારણનું ઉદાહરણ આપો.

૧૦. વેપાર પવનો (ટ્રેડ વિન્ડો) સમજવો.

તપેલા પદાર્થોનો પ્રકાશ પાનું ૮૬.

૧. કિરણપાતન, પ્રકાશ અને ઉબ્ધુતા.—તેનો વેગ—

૧. કેમ ક્રિયા પડે સૂર્યની ઉબ્ધુતા પૃથ્વી ઉપર પહોંચે છે ?

૨. ગરમ પાણી ભરેલી તપેલી કે દેગડીમાંથી પ્રકાશમાન ઉબ્ધુતા નીકળેછે કે નહિ ?

૩. કોઈ પદાર્થ જેમ વધારે તપતો જાયછે તેમ તેમાંથી નીકળતાં કિરણોમાં શો તફાવત પડતો જાયછે ?

૪. પ્રકાશની ગતિના વેગની શોધ પ્રથમ કોણે કરી ?

૫. એ શોધ જે પ્રકારે થઈ તે પ્રકારનું સામાન્ય વર્ણન કરો.

૬. પ્રકાશની ગતિનો વેગ કેટલો છે ?

૭. શું ફેંકાલયા રજકણોનો પ્રકાશ બનેલોછે ? તેમ નથી તો તેનો સ્વભાવ શો છે ?

૨. પ્રકાશનું પરાવર્તન.—૧. પ્રયોગવડે પ્રકાશનું પરાવર્તન પ્રદર્શિત કરો.

૨. બે પ્રતિબિંબોમાં પરાવર્તનનો નિયમ કહો.

૩. થોડાક મૂળાક્ષરો અને તેઓના પડછાયા સાદા દર્પણમાં પડેછે, તેવા ચિત્રો.

૪. થર્મોમીટરની તળીઓની ચળકતી ગોળીમાં બહારની વસ્તુઓની છબીઓ કેવા પ્રકારની પડેછે ?

૫. બે અંતર્ગોળ દર્પણોના પ્રયોગને વર્ણવો.

૩. પ્રકાશનું વક્રીભવન (કે વળવું).—૧. પ્રકાશનું વક્રીભવન પ્રયોગવડે પ્રદર્શિત કરો.

૨. કાચની ચપટી તપ્પતીમાં થઈને ગયાની પૂર્વે જવામાં અને ગયા પછી પ્રકાશના કિરણોની દિશા ચિત્રો.

૩. કાચ કાચર આકારે કે ત્રિજમ રૂપે હોય તેનું ચિત્ર દોરો.

૪. પ્રકાશ કાચરના બડામાં બડા ભાગની તરફ કે તેની સામી દિશામાં વાંકો વળેછે ?

૪. લેન્સો (દ્રુકકાચ).—તેઓ મધ્યેથી પડતાં પ્રતિબિંબો.—૧. મેજપર મુકેલો લેન્સ ઉપડી મેરથી જોવા દેખાય તેવાનું ચિત્ર કહાડો.

૨. કોર ભણીથી બેતાં જોવા દેખાય તેવા લેન્સનું ચિત્ર દોરો.

૩. લેન્સ અને ત્રિજમની વચ્ચે સરખાપણું બતાવો.

૪. લેન્સ ઉપર દૂરથી આવતાં સમાંતર કિરણોની બારી તે ઉપર શી રીતે વાંકી વળશે તે ચિત્ર કહાડીને બતાવો.

૫. આગીઆકાચ તરીકે લેન્સનો શી રીતે ઉપયોગ થઈ શકે ?

૬. ફોટોગ્રાફર લેન્સનો ઉપયોગ કેવી રીતે કરેછે તે બતાવો.

૫. વિપુલદર્શક કાચ.—૧. નાની વસ્તુ માટી દેખાય તેમ કરવાને એકજ લેન્સનો શી રીતે ઉપયોગ થઈ શકે તે બતાવો.

૨. તે વસ્તુ દૂર હોય તો એકજ લેન્સથી ચાલશે?

૩. તેને જોવાને તમે શી ગોઠવણુ કરશો? એ ગોઠવણુને શું કહેછે?

૬. જુદા જુદા પ્રકારના પ્રકાશનું વાંકું વળવું જુદું જુદું છે.—

૧. વાદળી, રાતા, અને લીલા રંગનાં પ્રકાશનાં કિરણો પ્રિઝમ ઉપર એકઠાં પડેછે એમ ધારો. શું તેઓ એકઠાં બહાર નીકળશે?

૨. જો તેઓ એકઠાં બહાર ન નીકળે તો ક્રિયા ક્રમમાં તેઓ વાંકાં વળશે?

૩. ક્રિયા રંગો મિશ્ર થયાથી ધોળો પ્રકાશ બનેલાછે?

૪. આ વાત પ્રિઝમ વડે શી રીતે સિદ્ધ થઈ શકે તે દેખાડવાને ચિત્ર કહોડો.

૫. ધોળા પ્રકાશના મિશ્ર સ્વરૂપની શોધ પહેલવહેલી કોણે કરી?

૬. સ્પેક્ટ્રમ એટલે શું? તમારો ઉત્તર પ્રયોગ વડે પ્રદર્શિત કરો.

૭. ઉષ્ણતાની પ્રકૃતિ (ખીજ નોધ).—૧. કોઈ હુહાર સીસાના કડકાપર ભારે હથોડાનો ધા મારેછે તો તે ધાની શક્તિનું શું થાયછે?

૨. બટનને લાકડા પર ધસવામાં વપરાયલી શક્તિનું શું થાયછે?

૩. ધાની શક્તિનું ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થાયછે તે વેરઠા વડે પ્રયોગ કરીને સમજાવો.

૪. આગગાડીની ગતિને અટકાવનાર એક-બીલમાંથી તણુ-આ ઊડેછે તેનું શું કારણ?

૫. ઉષ્ણતાનું રૂપાંતર પાછું વાસ્તવિક શક્તિમાં થાયછે તેનું ઉદાહરણ આપો.

વિદ્યુન્મય પદાર્થો. પાનું ૧૦૩.

૧. વાહક અને અવાહક.—૧. વીજળી વિષે કિયું સત્ય પ્રથમ જાણવામાં હતું ?

૨. દાક્તર ગિલ્પર્ટે કઈ શોધ કરી ?

૩. કાચ ઉપર વીજળી પ્રસરી શકતી નથી એ પ્રયોગ વડે બતાવો.

૪. ધાતુ ઉપર વીજળી પ્રસરી શકે છે એ પ્રયોગ વડે બતાવો.

૫. આ ગુણોને લીધે કાચને અને ધાતુને કિયાં નામો આપ્યાં છે ?

૬. સારા વિદ્યુત્વાહક અને મંદવાહક પદાર્થોનાં નામ આપો.

૨. વિદ્યુતની બે જાત.—૧. વિદ્યુતની બે જાત છે તે બતાવનારા પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

૨. એક જ જાતના વિદ્યુત્વાળા પદાર્થો એક એક જોડે કેવી રીતે વર્તે છે ? વિરુદ્ધ જાતના વિદ્યુત્વાળા પદાર્થો એક એક જોડે કેવી રીતે વર્તે છે ?

૩. બંને જાતની વિદ્યુતને એક એકથી છૂટી પાડવાનો પ્રયોગ આપો.

૪. કાચની સળીપર રેશમ ધરીએ છીએ ત્યારે એ બે વસ્તુઓમાં કઈ જાતની વિદ્યુત આવે છે ?

૫. લાખને ફૂલાનલપર ધરીએ છીએ તેવારે એ બે વસ્તુઓમાં કઈ જાતની વિદ્યુત આવે છે ?

૩. ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોનો ન ઉશ્કેરાયલા પદાર્થોપર વ્યાપાર.—પ્રયોગો.—૧. વિદ્યુત પ્રોત્સાહન એટલે શું તે પ્રયોગવડે સમજાવો.

૨. વિદ્યુત તણખો સમજાવી તેનું વર્ણન કરો.

૩. સુવર્ણ વરખ વિદ્યુત દર્શકનું ચિત્ર કહાડો અને તેના વ્યાપાર સમજાવો.

૪. પોઝિટિવ વિદ્યુત્ ભરેલા વિદ્યુત્ દર્શકની ટોચની થડમાં ઉશ્કેરાયેલો કાચનો દાંડો ધરવાથી તેના પર શી અસર થશે ?

૫. ઉશ્કેરાયેલી લાખની લાકડીથી શી અસર થશે ?

૬. વિદ્યુત્ ભરેલા વિદ્યુત્ યંત્રને તમે છૂટી રહેલી પીતળની ગોળી વતી અડોલો તો નાનો તણુઓ નીકળે છે, પરંતુ એ પીતળની ગોળીનો સંબંધ જમીન જોડે રાખો છો તો મોટો તણુઓ નીકળે છે. એનું શું કારણ ?

૭. ઉપલા પ્રશ્ન માંહેલી ગોળીને એક અણી લગાડો છો તો તણુઓ નીકળતો નથી. આનું કારણ શું ?

૮. ફ્રાન્ક્લિને કઈ શોધ કરી હતી ?

૪. વિદ્યુત્ યંત્ર—લેડનજર—૧. વિદ્યુત્ યંત્રનું ચિત્ર કહાડી તેની ક્રિયા શી રીતે ચાલે છે તેનું વર્ણન કરો.

૨. લેડનજર ચીતરી તેની ક્રિયા શી રીતે ચાલે છે તેનું વર્ણન કરો.

૩. ચીપીઆનું ચિત્ર કહાડી તેના ઉપયોગનું વર્ણન કરો.

૫. વિદ્યુત્ ન્મય પદાર્થોનું શક્તિવાનપણું—૧. જેમાં શક્તિ છે એવી કોઈક વસ્તુ વીજળી છે તેનો પુરાવો આપો.

૨. વીજળીના અમકારામાં તમે જે જુએ છો તે શું વિદ્યુત્ છે ? વિદ્યુત્ નથી તો તે શું છે ?

૩. વિદ્યુત્ યંત્રને પ્રેરવું કઠણ પડે છે તેનું શું કારણ ?

૬. વિદ્યુત્ પ્રવાહો.—૧. વોલ્ટાની બાટરીનું ચિત્ર કહાડી તેની ક્રિયાનું વર્ણન કરો.

૨. બાટરીના પોલ તારો એટલે શું ?

૩. એક પૂર્ણ ભ્રમણમાં પોઝિટિવ વિદ્યુત્નો પ્રવાહ કઈ દિશામાં જાય છે ?

૪. ગ્રોવ બાટરી ચીતરી તેની ક્રિયાનું વર્ણન કરો.

૭. એ પ્રવાહના ગુણો.—૧. તમે પ્લાટિનમ તારને વિદ્યુત્ પ્રવાહથી શી રીતે તપાવશો ?

૨. તમે એવા પ્રવાહથી પાણીનું પૃથક્કરણ શી રીતે કરશો ?

૩. પાણીનું પૃથકરણ થાય તો આક્રિસજન કયા પોલમાં દે-
ખાશે અને હાઇડ્રોજન કયા પોલમાં દેખાશે?

૪. વિદ્યુત્ પ્રવાહ એક લોહામાં ખીજા લોહાને આકર્ષવાની
શક્તિ શી રીતે આણી શકે છે ?

૫. પ્રવાહ બંધ પડ્યાકેડે નરમ લોહામાં એ ગુણ રહેછે કે ?

૬. લોહચુંબક એટલે શું ?

૭. પ્રવાહના સંબંધમાં લોહચુંબક કઇ સ્થિતિમાં હશે ?

૮. ઇલેક્ટ્રિક ટેલીગ્રાફ શી રીતે બનાવી શકાયછે તે સમજાવો.

